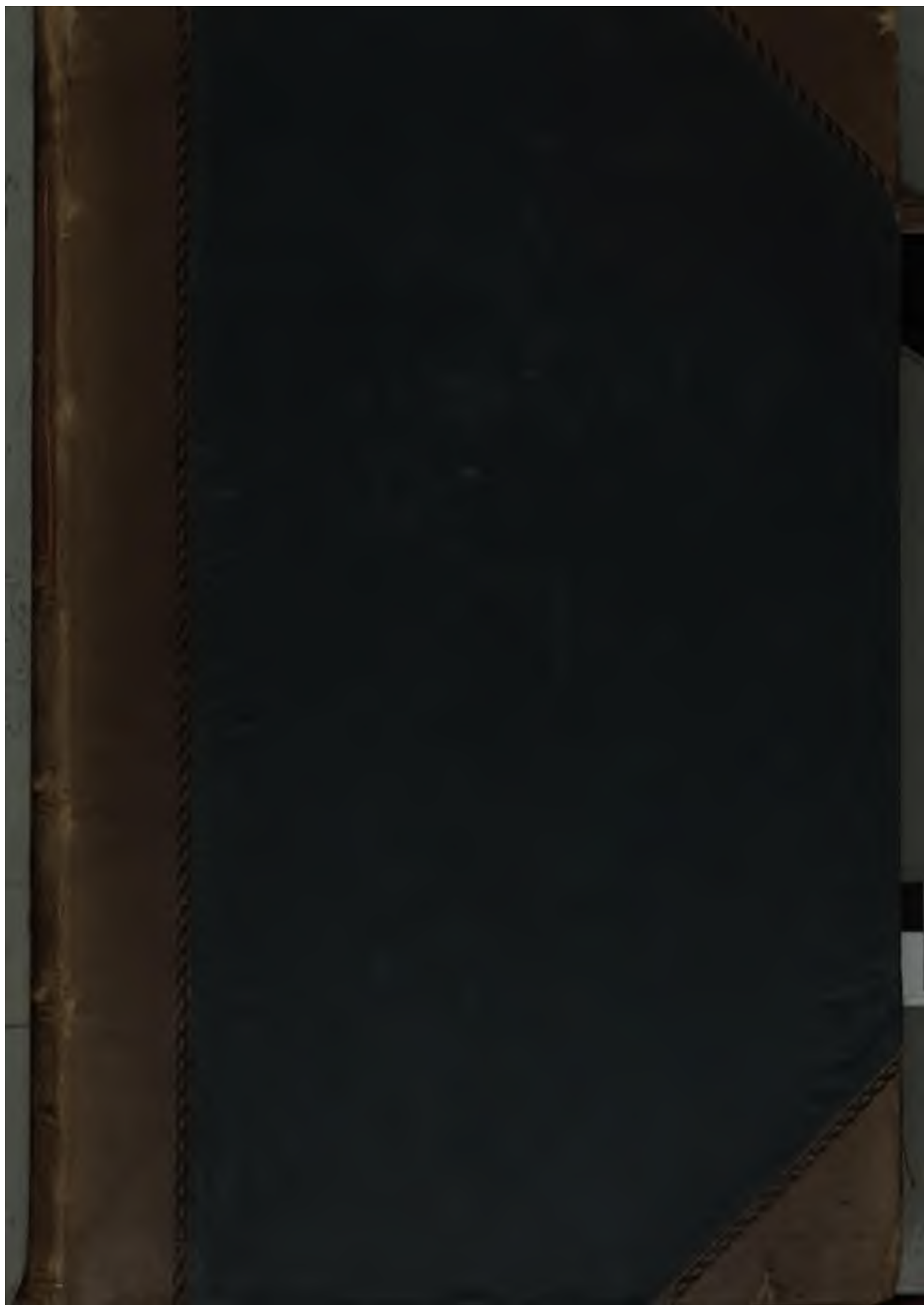



600025318P



LEÇONS

SUR

LA PHYSIOLOGIE

ET

L'ANATOMIE COMPARÉE

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX.

Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.

LEÇONS

SUR

LA PHYSIOLOGIE

ET

L'ANATOMIE COMPARÉE

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

PAR

H. MILNE EDWARDS

C[m].L.H., C.L.N., C.E.P., C.C.

Doyen de la Faculté des sciences de Paris, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle;
Membre de l'Institut (Académie des sciences);
des Sociétés royales de Londres et d'Édimbourg; des Académies de Stockholm,
de Saint-Pétersbourg, de Berlin, de Königsberg, de Copenhague, d'Amsterdam, de Bruxelles,
de Vienne, de Hongrie, de Bavière, de Turin et de Naples; des Curieux de la nature de l'Allemagne;
de la Société Hollandaise des sciences; de l'Académie Américaine;
De la Société des Naturalistes de Moscou;
des Sociétés des Sciences d'Upsal, de Gottingue, Munich, Gôtenbourg,
Liége, Somerset, Montréal, l'Ile Maurice; des Sociétés Linnéenne et Zoologique de Londres;
de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie; du Lycéum de New-York;
des Sociétés Entomologiques de France et de Londres; des Sociétés Anthropologique
de Londres, et Ethnologiques d'Angleterre et d'Amérique;
de l'Institut historique du Brésil;
De l'Académie impériale de Médecine de Paris;
des Sociétés médicales d'Édimbourg, de Suède et de Bruges; de la Société des Pharmaciens
de l'Allemagne septentrionale;
Des Sociétés d'Agriculture de France, de New-York, d'Albany, etc.

TOME HUITIÈME

PARIS

VICTOR MASSON ET FILS

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

M DCCC LXIII

LEÇONS

SUR

LA PHYSIOLOGIE

ET

L'ANATOMIE COMPARÉE

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX.

SOIXANTE-SEPTIÈME LEÇON.

Conséquences du travail nutritif. — Production de chaleur. — Causes des différences dans la température propre des Animaux. — Influence de la transpiration sur la faculté de résister à une chaleur excessive de l'air. — Vertébrés à sang chaud; Animaux hibernants. — Influence du froid sur les enfants nouveau-nés et les autres jeunes Animaux à sang chaud. — Influence de l'activité musculaire, du sommeil, etc., sur le développement de la chaleur. — Influence du système nerveux.

La production de chaleur est une conséquence de la combustion physiologique.

§ 1. — La plupart des transformations chimiques de la matière organique dont l'étude nous a occupés dans la dernière Leçon, sont, comme nous l'avons vu, des conséquences plus ou moins directes de l'introduction de l'oxygène dans l'économie animale par l'acte de la respiration. Cet élément comburant, puisé dans le milieu ambiant et porté par le fluide nourricier dans toutes les parties de l'organisme, s'y fixe sur les matières combustibles qu'il y rencontre et les brûle d'une manière plus ou moins complète.

Or, toute combustion de ce genre est accompagnée d'un certain dégagement de chaleur. Par conséquent, tout être animé, par cela seul qu'il respire, doit être un foyer calorifique, et la production de la chaleur animale, qui est si facile à constater chez l'Homme et les autres Vertébrés supérieurs, doit dépendre en totalité ou en partie de cette combustion physiologique.

Telle fut, en effet, l'explication que l'illustre Lavoisier donna de ce phénomène, dès qu'il eut constaté le grand fait de l'absorption de l'oxygène et de la production d'acide carbonique par les Animaux qui respirent; et cette théorie est certainement l'expression de la vérité, bien que la source de chaleur qu'elle signale puisse ne pas être la seule qui contribue à élever la température de ces êtres (1).

(1) Avant la découverte de la nature du phénomène de la combustion, découverte dont j'ai rendu compte dans une précédente Leçon (*a*), on ne pouvait avoir que des notions fort vagues sur les causes de la chaleur animale, et pendant longtemps il régna à ce sujet des opinions qui aujourd'hui ne méritent pas la discussion. Ainsi les anciens attribuèrent la température propre du corps de l'Homme à une chaleur innée qui se communiquerait du cœur au sang (*b*). Vers le commencement du XVII[e] siècle, Van Helmont combattit cette hypothèse, mais il n'y substitua rien de satisfaisant, et il crut pouvoir expliquer la chaleur animale par la production d'un esprit vital qui se développerait dans l'intérieur du cœur (*c*). Descartes, adoptant des vues analogues, l'attribua à une fermentation du sang dans les cavités du cœur (*d*). Sylvius la considéra comme due à une action ou à une effervescence produite par le contact du chyle et de la lymphe, et il supposa, avec les anciens, que la respiration servait à emporter la chaleur ainsi produite (*e*). Plus tard, Stevenson s'approcha davantage de la vérité, en considérant la chaleur animale comme étant due aux transformations que les humeurs de l'organisme et les aliments subissent sans cesse dans l'intérieur du corps (*f*) ; et Hamberger compara ce phénomène à l'espèce de combustion spontanée qui se développe dans les amas de fumier (*g*). Enfin Mayow en conçut une idée plus juste, lorsqu'il supposa que la matière désignée sous le nom de *principe nitro-aérien de l'air* produit la

(*a*) Voyez tome I[er], page 400 et suiv.
(*b*) Voyez Haller, *Elementa physiologiæ*, lib. VI, t. II, p. 287.
(*c*) Van Helmont, *Traité de l'esprit de vie nommé archée* (*Œuvres*, trad. de Leconte, p. 185).
(*d*) Descartes, *De la formation du fœtus* (*Œuvres*, édit. de M. Cousin, t. IV, p. 437).
(*e*) Sylvius, *Disput. med.*, cap. VII.
(*f*) Stevenson, *Medical Essays*, t. V, 2[e] partie, p. 806.
(*g*) Hamberger, *Physiologia medica*, 1751, p. 24.

Quand je parle des découvertes de Lavoisier, j'ai toujours peine à ne pas dire combien est profonde l'admiration que son génie m'inspire. Dans nos écoles, on ne manque pas de le signaler à la reconnaissance publique comme le fondateur de la chimie moderne, science qui depuis un demi-siècle a contribué plus que toute autre à l'agrandissement des connaissances humaines ; mais on ne lui rend ainsi qu'une justice

chaleur en s'unissant au sang dans le poumon et en déterminant dans le fluide nourricier une sorte de fermentation comparable à celle dont naît la chaleur dans une combustion ordinaire (a). D'autres physiologistes substituèrent à ces hypothèses chimiques des explications mécaniques, et attribuèrent la production de la chaleur animale au frottement du sang contre les parois des vaisseaux dans lesquels ce liquide circule, ou à d'autres causes analogues (b).

Tout était donc incertain et obscur, lorsque Lavoisier, rapprochant entre eux les phénomènes de la combustion dans un foyer inerte et ceux de la respiration dans les poumons d'un Homme ou de tout autre Mammifère, fut conduit à considérer cette fonction physiologique comme une véritable combustion, et à attribuer à cette combustion le développement de chaleur qui maintient la température du corps de ces êtres au-dessus de celle de l'atmosphère. Ses vues à ce sujet furent développées successivement dans les beaux mémoires qu'il publia vers 1777 (c) : aujourd'hui elles sont généralement admises dans tout ce qu'elles ont d'essentiel ; mais pendant longtemps elles ne furent pas adoptées par tous les physiologistes, et quelques-uns de ceux-ci cherchèrent à expliquer la production de la chaleur animale par l'action du système nerveux, tandis que quelques physiciens se demandèrent si elle ne serait pas due au jeu des forces électriques ; enfin des hypothèses mécaniques eurent aussi leurs partisans (d). Nous examinerons bientôt comment l'action nerveuse agit sur la température du corps, en influant sur les conditions dans lesquelles la combustion vitale s'opère, et nous aurons à chercher si d'autres actions chimiques ou physiques ne concourent pas à développer de la chaleur dans l'organisme ; mais je dois dire dès ce moment que la théorie lavoisienne, considérée non dans ses détails, mais dans son essence, me paraît être l'expression de la vérité, et rendre compte de tout ce qui est fondamental dans ce phénomène.

(a) Mayow, *Tractatus*, p. 151 et suiv.

(b) Boerhaave, *Éléments de chimie*, t. I, p. 213.

— Hales, *Hémostatique, ou statique des Animaux*, p. 76.

(c) Lavoisier, *Expériences sur la respiration des Animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1777, p. 185). — *Mém. sur la combustion en général* (*loc. cit.*, p. 592).

(d) Winn, *On a Remarkable Property of Arteries considered as a Cause of Animal Heat* (*London and Edinburgh Philosophical Magazine*, t. XIV, p. 174).

incomplète. Lavoisier était un des plus grands physiologistes des temps modernes, et ses titres de gloire comme tel ne consistent pas seulement dans les résultats immédiats de ses beaux travaux ; l'influence qu'il a exercée sur la direction des recherches physiologiques a été non moins puissante qu'utile : il a montré à tous ceux qui étudient les phénomènes de la vie comment la chimie peut les conduire à la solution de plus d'une question capitale ; comment dans ce but ils doivent interroger expérimentalement la nature, et comment il convient de raisonner sur les faits que les recherches de cet ordre leur fournissent. Avant lui tous les physiologistes se contentaient trop facilement de considérations vagues ou d'hypothèses dépourvues de bases solides ; il a commencé à les accoutumer à une logique claire, précise et rigoureuse, en même temps qu'il élevait leur esprit par la grandeur et la justesse de ses vues. Son style, simple et saisissant, était aussi un modèle à suivre, et, pour faire connaître ses pensées sur le sujet qui nous occupe ici, on ne saurait mieux faire que de rapporter ses paroles.

« La respiration, dit Lavoisier, n'est qu'une combustion » lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à » celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée, » et, sous ce point de vue, les Animaux qui respirent sont de » véritables corps combustibles qui brûlent et se consument.

» Dans la respiration, comme dans la combustion, c'est l'air » de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et le calorique ; mais » comme dans la respiration, c'est la substance même de » l'Animal, c'est le sang qui fournit le combustible, si les Ani- » maux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce » qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à » la lampe, et l'Animal périrait, comme une lampe s'éteint lors- » qu'elle manque de nourriture.

» Les preuves de cette identité d'effets entre la respiration » et la combustion se déduisent immédiatement de l'expérience.

» En effet, l'air qui a servi à la respiration ne contient plus, à la » sortie du poumon, la même quantité d'oxygène ; il contient » non-seulement du gaz acide carbonique, mais encore beau- » coup plus d'eau qu'il n'en contenait avant l'inspiration. Or, » comme l'air vital ne peut se convertir en acide carbonique » que par une addition de carbone, qu'il ne peut se convertir » en eau que par une addition d'hydrogène, que cette double » combinaison ne peut s'opérer sans que l'air vital perde une » partie de son calorique spécifique, il en résulte que l'effet de » la respiration est d'extraire du sang une portion de carbone » et d'hydrogène, et d'y déposer à la place une portion de son » calorique spécifique, qui, pendant la circulation, se distribue » avec le sang dans toutes les parties de l'économie animale, et » y entretient cette température à peu près constante que l'on » observe dans tous les Animaux qui respirent. On dirait que » cette analogie qui existe entre la respiration et la combustion » n'avait point échappé aux poëtes, ou plutôt aux philosophes de » l'antiquité, dont ils étaient les interprètes et les organes. Ce » feu dérobé du ciel, ce flambeau de Prométhée ne présente pas » seulement une idée ingénieuse et poétique ; c'est la peinture » fidèle des opérations de la nature, du moins pour les Animaux » qui respirent : on peut donc dire avec les anciens, que le flam- » beau de la vie s'allume au moment où l'enfant respire pour la » première fois, et qu'il ne s'éteint qu'à sa mort. En considérant » des rapports si heureux, on serait quelquefois tenté de croire » qu'en effet les anciens avaient pénétré plus avant que nous ne » le pensons dans le sanctuaire des connaissances, et que la fable » n'est véritablement qu'une allégorie sous laquelle ils cachaient » les grandes vérités de la médecine et de la physique (1). »

(1) Ce passage se trouve dans un mémoire écrit par Lavoisier et Séguin en 1789 (*a*) ; mais il est évidemment de la plume du premier de ces auteurs, dont le style est facile à reconnaître, et diffère beaucoup de celui de Séguin.

(*a*) Séguin et Lavoisier, *Premier mémoire sur la respiration des Animaux* (*Mém. de l'Acad. des sciences pour* 1789, p. 570).

Tous les Animaux produisent plus ou moins de chaleur.

Cette théorie de la chaleur animale, je le répète, est inattaquable dans tout ce qui est essentiel. Au premier abord, cependant, les physiologistes pouvaient se croire autorisés à y faire des objections spécieuses. En effet, nous avons vu précédemment que tous les Animaux respirent : tous consomment donc de l'oxygène et produisent de l'acide carbonique. Mais ils diffèrent beaucoup entre eux sous le rapport de la faculté de développer de la chaleur, et depuis longtemps on les a classés, pour cette raison, en deux catégories, sous les noms d'*Animaux à sang chaud* et d'*Animaux à sang froid* (1).

Animaux à sang chaud et à sang froid.

Les premiers sont les Mammifères et les Oiseaux. La température de leur corps est d'ordinaire notablement supérieure à celle de l'atmosphère, et en général ne change que très peu, malgré les variations qui peuvent survenir dans celle-ci.

Chez les Animaux dits à sang froid, on n'aperçoit au toucher aucun indice de chaleur propre, et la température du corps s'abaisse avec celle du milieu ambiant. Tous les Animaux invertébrés, ainsi que les Poissons, les Batraciens et les Reptiles, présentent ce caractère, et comme la température de l'atmosphère est d'ordinaire beaucoup au-dessous de celle de notre main, ils produisent sur nous une sensation de froid quand on vient à les toucher. Mais c'est à tort qu'on les a considérés comme privés de la faculté de produire de la chaleur (2). Tous

(1) Dutrochet a proposé de substituer à ces expressions celles d'*Animaux à haute température* et d'*Animaux à basse température*, désignations qui en effet seraient plus conformes à la vérité (*a*) ; mais l'usage des premières est trop généralement répandu pour pouvoir être abandonné.

(2) Parmi les physiologistes de grand renom qui ont considéré les Animaux à sang froid comme étant dépourvus de la faculté de produire de la chaleur, je citerai en première ligne Treviranus (*b*).

Je dois ajouter que depuis fort longtemps quelques autres physiologistes étaient d'un avis contraire, et pensaient que les Animaux vertébrés à sang froid, ainsi que certains Inver-

(*a*) Dutrochet, *Recherches sur la chaleur propre des êtres vivants à basse température* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1840, t. XIII, p. 5).

(*b*) Treviranus, *Biologie*, t. V, p. 19. — *Die Erscheinungen des Lebens*, t. I, p. 416.

en développent, mais d'ordinaire la quantité en est faible; et comme leur corps est généralement d'un petit volume, leur température se met très vite presque en équilibre avec celle du milieu ambiant.

A l'aide d'un thermomètre ordinaire, dont on place le réservoir dans l'intérieur du corps de l'Animal que l'on étudie, on peut presque toujours reconnaître que chez un Vertébré à sang froid la température est un peu plus élevée que celle de l'air ou de l'eau où il vit (1). La différence est très petite chez la plupart des Poissons : elle est communément d'un peu moins d'un degré centigrade (2). **Température des Poissons.**

tébrés, n'étaient pas complétement dépourvus de chaleur propre (*a*). Ainsi, Hunter avait remarqué que l'eau en contact avec le corps d'un Poisson gèle moins vite que celle située à quelque distance (*b*), et il avait constaté une certaine élévation de température au centre de divers agroupements d'Animaux invertébrés.

(1) Dans les expériences thermométriques de ce genre, il faut avoir soin d'opérer sur des Animaux qui sont restés depuis longtemps dans un milieu à température peu variable, car leur corps ne se met que lentement en équilibre de température avec le fluide extérieur, et les différences observées dépendent souvent de cette dernière circonstance. C'est de la sorte que paraît devoir être expliquée l'infériorité de la température du corps, comparée à celle de l'atmosphère, signalée chez un Scorpion et chez quelques Reptiles par M. J. Davy et plusieurs autres physiciens (*c*), ainsi que chez certains Poissons qui souvent avaient séjourné dans une eau plus froide que le milieu dans lequel on les observait (*d*).

(2) En général, la température du corps des Poissons ne dépasse celle du milieu ambiant que d'environ trois quarts de degré ou d'un degré centigrade (*e*), et, dans la plupart des cas où une chaleur plus forte a été observée, cela dépendait probablement de ce que la température extérieure au moment de l'expérience était inférieure à celle du milieu où l'Animal se trouvait peu de temps auparavant, et que l'équilibre n'avait pu encore s'établir.

Ainsi, Krafft estima la température propre du Brochet à 3 degrés (*f*) ; Hunter attribua à la Carpe une cha-

(*a*) Haller, *Elementa physiologiæ*, t. II, p. 28.

(*b*) Hunter, *Observations on certain Parts of the Animal Economy*, p. 105.

(*c*) J. Davy, *On the Temperature of Man and other Animals* (*Researches Anatomical and Physiological*, t. I, p. 189 et suiv.). — *Ann. de chimie et de physique*, 1826, t. XXXIII, p. 181.

(*d*) Verdun de la Crenne, Borda et Pingré, *Voyage en diverses parties de l'Europe, de l'Afrique et de l'Amérique*, 1778, t. I, p. 236.

(*e*) Braun, *De calore Animalium, dissert. physica experimentalis* (*Novi Commentarii Acad. scient. Petropolitanæ*, 1769, t. XIII, p. 427).

(*f*) Krafft, *Prælectiones in physicam theoreticam*, 1750, p. 203.

Température des Batraciens.

Le pouvoir calorigène des Batraciens est également très faible, et, dans la plupart des circonstances, la température de

[illegible] propre de 1°,84 [illegible], et [illegible] évalua cette chaleur à 3 degrés [illegible]; tandis que dans les expériences [illegible] faites par Broussonnet [illegible] et par M. Despretz, l'excès de la température du corps de ce dernier Poisson sur celle du milieu ambiant ne fut trouvé que de [illegible] par le premier de ces auteurs, et de [illegible] par le second, différence qui est sans importance [illegible].

M. Despretz, en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter les causes d'erreur, ne trouva que [illegible] chez la Tanche, et M. Becquerel, en opérant sur la même espèce, ne constata que [illegible], nombre qui se rapproche extrêmement de celui trouvé beaucoup plus anciennement par les observations de Martin sur divers Poissons [illegible].

Broussonnet trouva [illegible] chez l'Anguille [illegible] chez divers petits Poissons. Rudolphi trouva [illegible] chez la [illegible] [illegible] dans [illegible] aucune différence entre la température du corps et celle de l'eau ambiante chez les Carpes, tandis que d'autres [illegible], principalement dans la saison froide, la température de ces Poissons dépassait de [illegible] ou de [illegible] celle du milieu ambiant; chez les Anguilles, la chaleur propre était quelquefois de [illegible] ou même de 2 degrés [illegible]. [illegible] et [illegible] trouvèrent que la température d'un [illegible] était [illegible], tandis que celle de l'eau dont on venait de l'extraire n'était que [illegible]. Enfin M. [illegible], en opérant avec un [illegible] thermométrique [illegible], ne constata que [illegible] chez un [illegible] [illegible].

Dans une observation faite par M. [illegible] sur un Poisson volant, la chaleur propre [illegible] qu'à [illegible] mais la plupart des observations faites par ce chimiste donnent des résultats [illegible] chez les [illegible] [illegible] à toute [illegible] température [illegible] une température [illegible] un chaleur propre de [illegible]. Chez un [illegible] même auteur [illegible]

[illegible]

leur corps ne s'élève que d'environ un demi-degré ou trois quarts de degré au-dessus de celle du milieu ambiant (1).

le thermomètre placé entre les muscles de la queue de l'Animal s'élever de 1°,3 au-dessus de la température du milieu ambiant, et dans l'intérieur du corps d'une Bonite il trouva que la température l'emportait de 10 degrés sur celle de l'eau où l'Animal avait été pris, température qui était elle-même de 27 degrés (*a*). Chez un autre Poisson de la famille des Thons, le *Pelamys sarda*, M. J. Davy trouva également une température notablement supérieure à celle de l'eau dans laquelle l'Animal vivait. Chez quatre individus, la chaleur propre du Poisson fut estimée à 7 degrés au moins (*b*). Enfin, Perrins a constaté une chaleur propre d'un peu plus de 2 degrés chez un Requin (*c*).

Je dois ajouter qu'en comparant à l'aide d'un thermo-multiplicateur la température du corps d'une Ablette vivante et d'un individu mort qui étaient placés dans la même eau, Dutrochet n'a pu reconnaître aucune différence (*d*).

(1) Hunter estima la chaleur animale de la Grenouille à 2°,8 (*e*), et dans les expériences de Czermak elle varia entre 0°,32 et 2°,44 (*f*) ; mais MM. Prévost et Dumas ne virent la température intérieure de ces Batraciens s'élever que de 1°,5 au-dessus de celle du milieu ambiant (*g*). Dans les expériences de M. Becquerel sur le même Animal, les indications données par le thermo-multiplicateur varièrent entre 0°, et 0°,575 (*h*). Les résultats obtenus par Dutrochet furent encore plus faibles : pour la chaleur propre de la Grenouille, il trouva 0°,04, et pour celle du Crapaud 0°,2 (*i*). Enfin, M. Auguste Duméril, en comparant les indications données par deux thermomètres placés l'un dans le cloaque de plusieurs Grenouilles et l'autre dans l'eau où ces Animaux étaient plongés, évalua leur chaleur propre entre 0°,7 et 0°,3 (*j*).

D'après les observations de Rudolphi et de Czermak, la température intérieure du *Proteus anguinus* paraît être notablement plus élevée ; le premier de ces physiologistes l'estime à 1°,25, et le second l'a vue varier entre 2°,6 et 5°,6 (*k*).

(*a*) J. Davy, *Observations sur la température de l'Homme et des Animaux de divers genres* (*Ann. de chimie et de physique*, 1826, t. XXXIII, p. 195).

(*b*) J. Davy, *Miscellaneous Observations on Animal Heat* (*Philos. Trans.*, 1844, p. 57, et *Ann. de chimie*, 3e série, 1845, t. XIII, p. 174).

(*c*) Perrins, *On the Temperature of the Sea* (Nicholson's *Journal of Nat. Philosophy*, 1804, t. VIII, p. 132).

(*d*) Dutrochet, *Recherches sur la température propre des êtres vivants à basse température* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1840, t. XIII, p. 23).

(*e*) Hunter, *Op. cit.* (*Œuvres*, t. IV, p. 200).

(*f*) Czermak, *Zeitschrift für Physik* von Baumgärtner und Ettinghausen, 1821, t. III, p. 385 (cité d'après Berthold).

(*g*) Prévost et Dumas, *Examen du sang, etc.* (*Ann. de chimie et de physique*, 1823, t. XXIII, p. 64).

(*h*) Becquerel, *Traité de physique*, t. II, p. 64.

(*i*) Dutrochet, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XIII, p. 15).

(*j*) A. Duméril, *Recherches expérimentales sur la température des Reptiles* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1852, t. XVII, p. 7).

(*k*) Rudolphi, *Elements of Physiology*, t. I, p. 160.
— Czermak, *Op. cit.*

Température des Reptiles.

Chez les Reptiles, la chaleur animale est parfois un peu plus grande (1), et, comme nous le verrons bientôt, elle est susceptible de s'élever notablement dans certaines circonstances, par exemple pendant la période d'incubation chez le Boa (2); mais d'ordinaire la température intérieure de ces Vertébrés à faible respiration ne dépasse celle de l'atmosphère que de 1 à 3 degrés.

(1) La chaleur propre des Tortues a été estimée à 1°,22 par Walbaum; à 2°,78 par Martine; à 2°,88 par Tiedemann; à 0°,9, 2°,9 et 3°,9 par M. J. Davy; enfin 1°,3 ou 3°,5 par Czermak (*a*).

D'après Murray, la température du Caméléon paraît pouvoir s'élever de plus d'un degré au-dessus de celle de l'air ambiant (*b*).

Chez le Lézard, l'excès de la température du corps sur celle de l'air environnant a été trouvé de 0°,75 par Berthold; de 0°,75 à 1°,25 par M. Becquerel; de 1°,25 à 8°,12 par Czermak (*c*).

Chez la Vipère et les Couleuvres, cette différence était de 0°,21 à 6°,3 dans les expériences de Czermak; de 1°,1 à 3°,9 dans celles de M. J. Davy, et de 0°,75 à 3°,10 dans celles de M. Becquerel (*d*). Chez l'Orvet, Berthold a trouvé 0°,25 à 0°,50 (*e*).

J'ajouterai que dans une série d'observations thermométriques faites par M. Jones, la température des parties profondes de l'organisme fut trouvée presque toujours un peu plus élevée que celle des parties superficielles (*f*).

(2) En 1835, un naturaliste voyageur, M. Lamarre-Picquot, annonça à l'Académie des sciences que le grand Python de l'Inde produit beaucoup de chaleur pendant que ce Serpent se tient enroulé sur ses œufs pour en assurer l'incubation. Cette observation n'inspira d'abord que peu de confiance (*g*); mais bientôt après M. Valenciennes eut l'occasion de bien constater le fait de l'élévation de la

(*a*) Walbaum, *Chelonographia, oder Beschreibung einiger Schildkröten*, 1782, p. 20.
— Tiedemann, *Traité de physiologie*. t. II, p. 506.
— J. Davy, *Op. cit.* (*Ann. de chimie et de physique*, 1826, t. XXXIII, p. 193).
— Czermak, *Op. cit.*

(*b*) Murray, *Experimental Researches*, 1826, p. 89.

(*c*) Berthold, *Neue Versuche über die Temperatur der kaltblütigen Thiere*. Göttingen, 1835.
— Becquerel, *Traité de physique*, t. II, p. 65.

(*d*) Czermak, *Op. cit.*
— J Davy, *Op. cit.*
— Becquerel, *Op. cit.*, t. II, p. 65 et 67.

(*e*) J. Jones, *Investigations Chemical and Physiological relative to certain American Vertebrata*, p. 70 (*Smithsonian Contributions to Knowledge*).

(*f*) Berthold, *Neue Versuche über die Temperatur der kaltblütigen Thiere*, p. 23.

(*g*) Duméril, *Rapport sur un mémoire de M. Lamarre-Picquot, relatif aux Serpents de l'Inde et à leur venin* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1835, t. III, p. 35). — *Sur le développement de la chaleur dans les œufs des Serpents et sur l'influence attribuée à l'incubation de la mère* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1842, t. XIV, p. 193).

Chez les Insectes et les autres Animaux invertébrés, la constatation de la production de chaleur intérieure est plus difficile, et pour rendre ce phénomène sensible il a fallu d'abord faire agir à la fois plusieurs individus sur la boule du même thermomètre (1). Mais depuis l'invention des instruments délicats

Température des Insectes.

température pendant cette période chez un des Pythons de la ménagerie du Muséum. Il a vu la température de ce Reptile s'élever à 41°,5, bien que la température environnante ne montât jamais au-dessus de 35°,5 (*a*).

(1) Le développement de chaleur par les Abeilles, quand ces Animaux sont réunis en grand nombre dans l'intérieur d'une ruche, n'échappa pas à l'attention de Swammerdam; Maraldi l'observa également, et Réaumur ainsi que Braun le constatèrent au moyen du thermomètre (*b*). Hubert trouva qu'en hiver la température des ruches est maintenue par la chaleur propre des Abeilles à environ 30 degrés centigrades (*c*), et plus récemment des observations sur la production de la chaleur par ces Insectes vivant en société furent faites par Juch, Newport et plusieurs autres physiologistes (*d*).

Des observations analogues ont été faites sur les Fourmis vivant en grand nombre dans l'intérieur d'une fourmilière (*e*) et sur divers autres Insectes emprisonnés dans des vases. Ainsi Rengger observa une élévation très notable de température dans un pot renfermant beaucoup de Hannetons (*f*). Hausmann vit le thermomètre s'élever de plusieurs degrés dans une fiole contenant des Carabes (*g*), et Juch obtint un résultat analogue avec des Cantharides (*h*). Il est vrai que dans quelques-unes de ces recherches on ne prit pas toutes les précautions nécessaires pour mettre le vase contenant les Insectes à l'abri de l'influence de la chaleur propre de l'observateur; mais dans les expériences

(*a*) Valenciennes, *Observations faites pendant l'incubation d'une femelle de Python à deux raies* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1841, t. XVI, p. 65).

(*b*) Swammerdam, *Biblia Naturæ*, t. I, p. 548.

— Maraldi, *Observations sur les Abeilles* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1712, p. 320).

— Réaumur, *Mém. pour servir à l'histoire des Insectes*, t. V, p. 670.

— Braun, *De calore Animalium* (*Comment. Petrop.*, 1769, t. XIII, p. 428).

(*c*) Huber, *Nouvelles observations sur les Abeilles*, t. II, p. 338.

(*d*) Juch, *Ideen zu einer Zoochemie*, 1800, t. I.

— Berthold, *Neue Versuche über die Temperatur der kaltblütigen Thiere*. Göttingen, 1835.

— Newport, *On the Temperature of Insects and its Connexion with the Function of Respiration* (*Philos. Trans.*, 1837, p. 299).

— Breyer, *Observations sur le développement d'une chaleur propre et élevée chez le* Sphinx Convolvuli (*Ann. de la Société entomologique belge*, 1860, t. IV, p. 92).

— Gerard, *Recherches sur la chaleur animale des Articulés* (*Ann. de la Société entomologique de France*, 4e série, 1861, t. I, p. 503).

(*e*) Juch, *Op. cit.*, t. I, p. 92.

(*f*) Rengger, *Physiologische Untersuchungen über die thierische Haushaltung der Insecten*. Tubingen, 1817, p. 39.

(*g*) Hausmann, *De Animalium exsanguium respiratione*. Göttingen, 1803.

(*h*) Juch, *Op. cit.*, p. 35.

dont les physiciens de nos jours ont doté la science, on a pu s'assurer de l'existence de la faculté calorifique chez tous ces petits êtres, quand ils sont isolés aussi bien que lorsqu'ils sont réunis en tas ou renfermés en grand nombre dans une quantité limitée d'air. En effet, au moyen du thermo-multiplicateur, Nobili et Melloni ont reconnu que la température intérieure des Insectes est toujours un peu plus élevée que celle de l'air extérieur (1). Chez les Mollusques, la température du corps

de Berthold et de Newport, cette cause d'erreur fut évitée, et les résultats furent très probants (*a*). J'ajouterai qu'en observant un thermomètre placé au milieu d'un grand nombre de Hannetons dans un sac à claire-voie, MM. Regnault et Reiset ont vu le mercure indiquer une température supérieure de 2 degrés à celle de l'air environnant (*b*) ; mais dans les expériences de Dutrochet la chaleur propre des Insectes ne dépassa pas 0°,5 (*c*). Pour le moment je n'indique pas les températures observées par la plupart des physiologistes dont je viens de parler, parce qu'elles varient beaucoup suivant les conditions biologiques, sujet sur lequel nous aurons bientôt à revenir.

La température intérieure des Crustacés ne s'élève que très peu au-dessus de celle du milieu ambiant (*d*), et il faut attribuer à quelque circonstance accidentelle indépendante du pouvoir calorifique de l'Animal le fait mentionné par Rudolphi, qui vit le thermomètre placé dans l'intérieur du corps d'une Écrevisse s'élever d'environ 6 degrés au-dessus de la température de l'atmosphère (*e*). M. Valentin a trouvé chez le *Maia squinado* seulement de 0°,30 à 0°,90 (*f*).

(1) Les expériences de ces deux physiciens habiles sur la production de la chaleur dans l'intérieur du corps de divers Insectes furent faites à l'aide d'un thermo-multiplicateur muni de miroirs collecteurs de la chaleur rayonnante, au foyer de l'un desquels se trouvait l'Insecte emprisonné dans un réseau métallique. La chaleur dégagée par l'Animal déterminait une certaine déviation dans l'aiguille du galvanomètre, et l'étendue de cette déviation donnait la mesure de la différence de température entre le corps de l'Insecte et l'air ambiant (*g*).

(*a*) Berthold, *Op. cit.*
— Newport, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1837, p. 259 et suiv.).
(*b*) Regnault et Reiset, *Recherches chimiques sur la respiration des Animaux des diverses classes* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, 1849, t. XXVI, p. 517).
(*c*) Dutrochet, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1840, t. XIII, p. 27 et suiv.).
(*d*) Berthold, *Op. cit.*, p. 34.
— J. Davy, *On the Temperature of Man and other Animals* (*Researches*, t. I, p. 192).
(*e*) Rudolphi, *Elements of Physiology*, translated by How, 1825, t. I, p. 156.
(*f*) Valentin, *Zur Kenntniss der thierischen Wärme* (*Repertorium für Anat. und Physiol.*, 1839, t. IV, p. 359).
(*g*) Nobili et Melloni, *Recherches sur plusieurs phénomènes calorifiques entreprises au moyen du thermo-multiplicateur* (*Ann. de chimie et de physique*, 1831, t. XLVIII, p. 208).

tend aussi à se maintenir un peu au-dessus de la température du milieu ambiant (1), et un phénomène semblable a été constaté chez les Vers (2) et chez les Zoophytes (3), mais n'est jamais bien notable. Du reste, la faiblesse de la faculté calorigène chez les Animaux inférieurs est en rapport avec

Température des Mollusques, etc.

(1) Spallanzani n'a pu apercevoir aucun indice de production de chaleur lorsqu'il observa une Limace isolée; mais en réunissant plusieurs de ces Mollusques autour de son thermomètre, il vit la température s'élever de ¾ ou ⅘ degré (a). D'après Hunter, quatre Colimaçons auraient fait monter le thermomètre de plus de 2 degrés (b), et Martine évalua la chaleur propre de ces Animaux à 1°,1 (c). Dans les expériences de M. Becquerel, la chaleur propre des Escargots fut trouvée de 0°,9 (d), et dans celles faites récemment sur les mêmes Mollusques par M. Schnetzler, la température du pied était presque toujours d'au moins un degré au-dessus de celle de l'atmosphère; quelquefois l'excédant de température s'élève à 1°,5 et même à 2 degrés (e). Enfin, dans une série d'observations faites par M. Valentin, l'excès de température de l'Animal sur celle du milieu ambiant fut de 0°,1 à 0,8 chez l'Aplysie, de 0°,2 à 0°,6 chez le Poulpe, et de 0°,9 chez l'Élédone musquée (f).

(2) Hunter a fait quelques observations sur la température propre des Annélides : il vit le thermomètre monter de 0°,56 à 0°,85 sous l'influence des Sangsues, et de 1°,11 à 1°,39 quand le réservoir de l'instrument était entouré de Lombrics terrestres (g).

(3) On doit à M. Valentin (de Berne) et à M. Martins (de Montpellier) quelques observations sur la chaleur propre de divers Zoophytes. Le premier de ces naturalistes trouva :

0°,2 à 0°,6	chez l'Holothurie tubuleuse.
0,3	chez un Ophiure.
0,6	chez l'Astérie rouge.
0,4 à 0,5	chez des Oursins.
0,2 à 1,0	chez des Méduses du genre *Pelagia*.
0,3	chez une Méduse du genre Cassiopée.
0,2 à 0,5	chez des Actinies (h).

M. Martins a fait ses expériences sur des Spatangues, et en a conclu que la température de ces Animaux, tout en étant supérieure à celle de l'eau dans laquelle ils vivent, n'en diffère que fort peu (i).

(a) Spallanzani, *Mémoires sur la respiration*, p. 143.
(b) Hunter, *Op. cit.* (*Œuvres*, t. IV, p. 221).
(c) Martine, *Essais sur la construction des thermomètres, etc.*, p. 174.
(d) Becquerel, *Traité de physique*, t. II, p. 66.
(e) Schnetzler, *Observations sur la température des Mollusques terrestres* (*Bibliothèque universelle de Genève*, *Archives des sciences physiques et naturelles*, 1862, t. XIV, p. 293).
(f) Valentin, *Zur Kenntniss der thierischen Wärme* (*Repertorium*, 1839, t. IV, p. 359).
(g) Hunter, *Op. cit.* (*Œuvres*, t. IV, p. 221).
(h) Valentin, *Op. cit.* (*Repertorium*, 1839, t. IV, p. 359).
(i) Martins, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1840, t. V, p. 187).

le peu d'intensité de la combustion respiratoire dont leur organisme est le siége.

Température des Mammifères.

Dans les deux classes qui occupent les premiers rangs du règne animal, la température intérieure du corps est en général d'environ 36 à 40 degrés (1). Chez l'Homme, par exemple, elle est ordinairement entre 37 et 38 degrés (2). Chez quelques

(1) Pour prendre la température propre de ces Animaux, on emploie communément un petit thermomètre à mercure dont on introduit la boule dans le rectum, sous la langue ou dans le creux de l'aisselle, de façon à l'entourer complétement par les parties vivantes. Dans la bouche, il peut y avoir des causes d'erreur dépendant de l'évaporation de la salive qui mouille l'instrument, et il résulte des observations de M. Gavarret que pour l'Homme on obtient de très bons résultats en plaçant le thermomètre sous l'aisselle (*a*). Il est presque inutile de dire que l'instrument doit être très sensible et bien gradué : ainsi les thermomètres de M. Walferdin sont excellents pour cet usage. En général, il suffit de trois minutes pour que l'équilibre de température s'établisse à un dixième de degré près (*b*).

(2) Les premières bonnes observations sur la température propre du corps humain datent du milieu du siècle dernier, et sont dues à G. Martine. Ce médecin trouva qu'elle était d'environ 97 ou 98 degrés Fahrenheit, c'est-à-dire 35°,5 ou 36°,1 centigrades (*c*).

Hunter vit le thermomètre marquer 98 $\frac{1}{2}$ degrés Fahrenheit, c'est-à-dire 36°,9 centigrades, dans le rectum d'un Homme en bonne santé (*d*), et il évalua la chaleur normale du corps à environ 99 degrés Fahrenheit ou 37°,2 centigrades (*e*). Dans des observations faites sur vingt individus adultes par mon frère, William Edwards, le thermomètre placé sous l'aisselle varia entre 35°,5 et 37 degrés, ce qui donna pour moyenne 36°,1 (*f*). MM. Dumas et Prévost ont considéré la température moyenne de l'Homme comme étant 39 degrés (*g*) ; mais, d'après une série de dix-sept observations dues à M. Despretz, cette moyenne ne serait que de 37°,09 (*h*), et une série

(*a*) Gavarret, *Physique médicale : De la chaleur produite par les êtres vivants*, 1855, p. 99.

(*b*) Ch. Martins, *Mém. sur la temperature des Oiseaux palmipèdes du nord de l'Europe* (*Mém. de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier*, 1856, t. III, p. 194).

(*c*) Martine, *Essays Medical and Philosophical*, 1740, p. 335. — *De similibus Animalibus et Animalium calore libri duo*, 1740.

(*d*) Hunter, *On the Heat*, etc., *of Animals and Vegetables* (*Philos. Trans.*, 1778, t. LXVIII, p. 16. — *Œuvres*, t. IV, p. 214).

(*e*) Hunter, *Leçons sur les principes de la chirurgie* (*Œuvres*, t. I, p. 334).

(*f*) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, 1824, p. 235.

(*g*) Prévost et Dumas, *Examen du sang et de son action dans les divers phénomènes de la vie* (*Ann. de chimie et de physique*, 1823, t. XXIII, p. 64).

(*h*) Despretz, *Recherches expérimentales sur les causes de la chaleur animale* (*Ann. de chimie et de physique*, 1824, t. XXVI, p. 338).

Mammifères elle est un peu plus élevée. Ainsi, chez le Chien, le thermomètre placé dans le rectum marque à peu près 39 degrés, et dans les observations analogues qui ont été faites sur les Moutons, on a trouvé 40 degrés ou même un peu plus. Mais la chaleur propre des divers individus d'une même espèce n'est pas toujours exactement la même; il existe aussi à cet égard des différences suivant les circonstances biologiques dans lesquelles l'Animal se trouve au moment de l'observation; et comme ces déterminations thermométriques n'ont pas été suffisamment multipliées pour que l'on puisse en tirer de bons résultats moyens, il ne faut pas attacher une grande importance aux petites différences mentionnées par les physiologistes entre les températures des divers Mammifères. Je me bornerai donc à dire que chez la plupart de ces Animaux elles ne s'éloignent de celle du corps de l'Homme que de 1 ou 2 degrés, soit en plus, soit en moins. Les limites des variations dans la chaleur propre de la plupart des Mammifères sont par conséquent 36 et 40 degrés (1).

beaucoup plus nombreuse d'observations faites par M. J. Davy donna, pour la température de la base de la langue : maximum, 38°,9 ; minimum, 35°,8, et moyenne générale, 37°,2 (*a*). M. Reynaud trouve, en moyenne, 37°,3 (*b*), résultat qui est parfaitement d'accord avec celui fourni par les observations faites en Islande par M. E. Robert (*c*). Enfin, dans les expériences de MM. Becquerel et Breschet, la température humaine prise dans la bouche n'a varié qu'entre 36°,8 et 37 degrés (*d*).

M. Gavarret pense que dans l'état ordinaire, la température de l'Homme adulte, prise sous l'aisselle, oscille entre 36°,5 et 37°,5 (*e*).

(1) Voici les principaux résultats fournis par les observations thermo-

(*a*) J. Davy, *Observations on the Temperature of Man and Animals* (*Edinburgh Philosophical Journal*, 1825, t. XIII, p. 301). — *Observations sur la température de l'Homme, etc.* (*Ann. de chimie et de physique*, 1826, t. XXXIII, p. 183). — *Researches Anatomical and Physiological*, t. I, p. 161.

(*b*) Reynaud, *Dissertation sur la température humaine considérée sous le rapport des âges, etc.*, thèse. Paris, 1829.

(*c*) Eugène Robert, *De l'Islande au point de vue de la physique et de l'hygiène* (*Voyage en Islande et au Groënland sur la corvette la Recherche*, partie médicale, 1851, p. 148).

(*d*) Becquerel et Breschet, *Recherches sur la chaleur animale au moyen d'appareils thermo-électriques* (*Archives du Muséum*, t. I, p. 398).

(*e*) Gavarret, *De la chaleur produite par les êtres animés*, p. 100.

Température des Oiseaux.

Chez les Oiseaux, la température intérieure du corps est encore plus élevée ; elle est rarement inférieure à 40 degrés,

métriques faites sur divers Mammifères. Dans tous les cas où le contraire n'est pas indiqué, le thermomètre a été placé dans le rectum.

ESPÈCES OBSERVÉES.	TEMPÉRATURE.	OBSERVATEURS.
ORDRE DES QUADRUMANES.		
Singe (Sajou ?)	35,5	Prévost et Dumas.
— (»)	39,7	J. Davy.
ORDRE DES RONGEURS.		
Lapin	37,5	Hunter.
—	38,0	Prévost et Dumas.
—	39,6 à 40	Delaroche.
Lièvre	37,8	»
Cabiai	38,0	Prévost et Dumas.
—	35,7	Despretz.
—	39,5	W. Edwards.
Rat	38,8	J. Davy.
ORDRE DES CARNASSIERS.		
Chien	37,4	Prévost et Dumas.
—	39 à 39,6	J. Davy.
—	38,3	Becquerel et Breschet.
Renard antique	36,6 à 41,5	Parry.
Chacal	38,3	J. Davy.
Loup	40,5	Parry.
Chat domestique	38,5	Prévost et Dumas.
—	38,9	J. Davy.
—	39,7	Despretz.
Panthère	38,9	J. Davy.
Tigre royal	37,2	»
Ichneumon	39,4	J. Davy.
ORDRE DES PACHYDERMES.		
Cheval	36,8	Prévost et Dumas.
—	37,5	J. Davy.
Ane	36,9	Hunter.
Anesse	37,7	»
ORDRE DES RUMINANTS.		
Bœuf	37,5	Hunter.
Mouton	37,3 à 40,5	J. Davy.
—	38,0	Prévost et Dumas.
Chèvre	40,0	Prévost et Dumas.
Bouc châtré	39,5	J. Davy.
Élan	34,4	J. Davy.
ORDRE DES CÉTACÉS.		
Lamentin	38,9 à 40 (a)	Martine.
Marsouin (dans une plaie au cou)	35,6	Broussonnet.
— (dans le foie)	37,6	J. Davy.
Baleine	38,8	Scoresby (b).

(a) A la peau, 38°,8, et dans le ventre 40 degrés.
(b) Scoresby, *An Account of the Arctic Regions*, 1820, t. 1, p. 477.

et pour beaucoup de ces Animaux elle est de 42 ou même de 43 degrés. Du reste, nous avons vu précédemment que proportionnellement au poids du corps, les Oiseaux consomment beaucoup plus d'oxygène que les Mammifères, et que sous le rapport de l'activité de la combustion respiratoire, il y a aussi chez les Animaux de l'une et l'autre de ces classes des différences considérables suivant les espèces (1).

(1) On trouvera réunis dans le tableau suivant les résultats obtenus par divers observateurs. La température a été prise dans le cloaque.

ESPÈCES OBSERVÉES.	TEMPÉRATURE.	OBSERVATEURS.
ORDRE DES RAPACES.		
Gypaète	41,0	Pallas (*a*).
Orfraie	40,2	»
Autour	43,1	»
Faucon	40,5	J. Davy (*b*).
Tiercelet	41,4	Desprelz.
Chat-huant	41,1	J. Davy.
Chouette	41,4	Despretz.
ORDRE DES PASSEREAUX.		
Bouvreuil	42,2	Pallas.
Moineau	41,9	Despretz.
—	41 à 44,5	W. Edwards.
Bruant commun	42,8	Despretz.
Bruant de neige	42,9 à 43,4	Pallas.
Choucas	42,1	J. Davy.
Corbeau	42,9	Despretz.
Grive commune	42,8	J. Davy.
ORDRE DES GRIMPEURS.		
Perroquet	41,1	J. Davy.
ORDRE DES GALLINACÉS.		
Poule commune	39,4 à 40,0	Hunter.
—	41,5	Prévost et Dumas.
—	42,2 à 43,9	J. Davy.
Coq	39,4 à 40,0	Hunter.
Gélinotte	42,3 à 43,2	Back.
Paon	40,5 à 43	J. Davy.
Dindon	42,7	J. Davy.
Pintade	43,9	J. Davy.
Lagopède	41,6	Delaroche.

(*a*) Voyez Tiedemann, *Traité de physiologie*, t. II, p. 500.

(*b*) J. Davy, *Observations on the Temperature of Man and other Animals* (*Edinburgh Philosophical Journal*, 1825, et *Annales de chimie*, 1826, t. XXXIII, p. 181).— *Researches Anat. and Physiol.*, t. I, p. 184.

Résumé.

§ 2. — Ainsi, tous les Animaux dégagent de la chaleur en même temps qu'ils produisent de l'acide carbonique; et puisque la chimie nous apprend que la combinaison de l'oxygène avec le carbone qui donne naissance à ce gaz est toujours accompagnée d'un développement de chaleur, il est légitime de conclure que la température propre de tous ces êtres est

ESPÈCES OBSERVÉES.	TEMPÉRATURE.	OBSERVATEURS.
Pigeons	41,8 à 42,5	Pallas.
—	42,0	Prévost et Dumas (a).
—	42,0	J. Davy.
—	42,0	Despretz.
ORDRE DES ÉCHASSIERS.		
Pluvier	40,5	J. Davy.
Héron	41,0	Prévost et Dumas.
Foulque	40,5	Pallas.
Barge	42,2	»
ORDRE DES PALMIPÈDES.		
Guillemots	40,5	Martins (b).
Pétrel	40,3	J. Davy.
—	38,7	Martins.
Mouette tridactyle	40,07	»
Mouette blanche	40,1	»
Mouette grise	41,4	»
Goëland à manteau gris	40,7	»
Goëland argenté	42,3	»
Stercoraire pomarin	40,3	»
Cormoran	41,2	Pallas.
Albatros	38 à 41,2	Eydoux et Souleyet (c).
—	39,6 à 41,4	Brown-Séquard (d).
Oie rieuse	42,8	»
Oie commune	41,7	J. Davy.
—	41,3	Martins.
Canard commun	42,5	Prévost et Dumas.
—	43,9	J. Davy.
—	42,09	Martins.
Canard millouin	42,6	»
Eider	42,4	»
Cygne à bec rouge	40,99	Martins.

(a) Prévost et Dumas, *Op. cit.* (*Ann. de chimie et de physique*, 1823, t. XXIII, p. 64.

(b) Martins, *Mém. sur la température des Oiseaux palmipèdes du nord de l'Europe* (*Mém. de l'Acad. des sciences et lettres de Montpellier*, 1856, t. III, p. 194).

(c) Blainville, *Rapport sur les résultats scientifiques de l'expédition de la Bonite* (*Voyage autour du monde exécuté sur la Bonite*, Zoologie, t. I, p. XXXII).

(d) Brown-Séquard, *Note sur la basse température de quelques Palmipèdes* (*Journal de physiologie*, 1858, t. I, p. 43).

due en totalité ou en partie à ce phénomène de combustion intérieure.

Lavoisier se borna d'abord à présenter de la sorte, en termes généraux, ses idées sur la cause efficiente de la chaleur animale; mais il n'ignorait pas que, pour donner à sa théorie la précision désirable, il fallait aller plus loin, et chercher si la combustion respiratoire peut suffire à la production de toute la chaleur qui se développe dans l'organisme. Pour résoudre cette question, de grands travaux étaient nécessaires, et pour les accomplir tout était à inventer. Il fallait en premier lieu déterminer la quantité de chaleur que le carbone et l'hydrogène dégagent quand, en brûlant, ces corps se transforment en acide carbonique et en eau; puis mesurer de la même manière la production de chaleur qui a lieu dans l'économie animale; évaluer la quantité des matières brûlées qui, en un temps donné, s'échappent de l'organisme, ou, en d'autres mots, la quantité de carbone et d'hydrogène que l'Animal consume; enfin comparer entre eux les résultats fournis par ces trois ordres de recherches.

Mesure de la quantité de chaleur dégagée par les Animaux.

Pour mesurer la quantité de chaleur qui se développe, soit dans la combustion ordinaire des matières à l'oxydation desquelles ils attribuaient la chaleur propre des Animaux, soit dans les corps vivants où ils voulaient étudier les effets de la combustion respiratoire, Lavoisier et Laplace inventèrent un appareil appelé *calorimètre*, dans lequel le foyer calorifique se trouve complétement entouré de glace fondante, qui est préservée de l'action de la chaleur extérieure par une seconde enveloppe de glace, et dans lequel l'eau liquéfiée par la chaleur du foyer dont je viens de parler peut être recueillie, de sorte que, d'après la quantité de glace fondue, on calcule la quantité de chaleur dégagée; car on sait combien de chaleur est nécessaire pour faire passer l'eau de l'état solide à l'état liquide, sans y déterminer aucun changement de température. En faisant brûler du charbon

Expériences de Lavoisier et Laplace.

dans cet instrument, Lavoisier et Laplace virent qu'une livre de charbon, en se transformant en acide carbonique, dégage assez de chaleur pour fondre 96 livres et demie de glace à 0 degré; d'où l'on pouvait conclure que cette quantité de charbon, en brûlant, cède environ 7642 fois la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré une livre d'eau, ou, en d'autres mots, environ 3740 *calories* (1). Ils constatèrent de la même manière qu'une livre d'hydrogène, en brûlant, dégage assez de chaleur pour fondre 295,6 livres de glace, ce qui, d'après l'évaluation préalable de la chaleur de fusion de ce dernier corps, correspondrait à 22170 calories. Enfin, dans une troisième série d'expériences du même genre, Lavoisier et Laplace s'appliquèrent à mesurer comparativement la quantité de carbone qu'un Animal transforme en acide carbonique et la quantité de chaleur qui en même temps se dégage de son corps. Après avoir déterminé la quantité d'acide carbonique qui en un temps donné s'échappe des poumons d'un petit Mammifère, ils placèrent cet Animal dans leur calorimètre, et ils virent qu'en dix heures il avait fait fondre une certaine quantité de glace dont ils estimèrent le poids à 341 grammes. Or, la quantité de carbone dont la combustion avait donné naissance à l'acide carbonique exhalé par le même Animal en dix heures avait été évaluée, dans l'expérience précédente, à 3gr,333, et cette quantité, en brûlant, aurait fait fondre 326gr,75 de glace. Par conséquent, Lavoisier et Laplace conclurent de ces faits que la combustion du carbone déterminée par la respiration avait produit 96 centièmes de la quantité totale de chaleur dégagée dans l'intérieur du corps de l'Animal. Ils reconnurent ensuite que la totalité de l'oxygène consommé dans la respiration n'est pas représentée par l'acide carbonique exhalé, et qu'une portion de cet élément comburant est, suivant toute probabilité, employée à former de

Théorie de la chaleur animale.

(1) La *calorie*, ou unité calorimétrique, est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température de 1 kilogramme d'eau.

l'eau en brûlant de l'hydrogène (1). L'insuffisance de la chaleur attribuable à la combustion physiologique du carbone pour l'explication de la production de la chaleur propre de l'Animal, ne semblait donc plus être une difficulté, et l'on pouvait penser qu'en tenant compte de la production d'eau dans l'intérieur de l'organisme, on verrait la concordance s'établir d'une manière exacte entre les résultats déduits de la théorie et ceux fournis par l'expérience.

A l'époque où Lavoisier attaquait ces questions non moins difficiles que belles, les méthodes expérimentales n'avaient pas encore le degré de perfection nécessaire pour donner aux résultats cherchés toute la précision désirable, et, comme chacun le sait, les massacreurs de 1794 ne permirent pas à ce grand génie d'achever son œuvre. Lavoisier, en montant sur l'échafaud, laissa donc indécise plus d'une question importante relative aux causes efficientes de la chaleur animale, et, pour bien contrôler sa théorie, de nouvelles expériences étaient indispensables tant au sujet de la mesure exacte des produits de la respiration et de la chaleur développée par les Animaux que pour l'établissement des termes de comparaison que la physique doit fournir au physiologiste, c'est-à-dire l'évaluation de la chaleur de combustion du carbone et de l'hydrogène.

En 1821, notre Académie des sciences provoqua des recherches sur ce sujet, et deux physiciens habiles, Dulong et M. Des- Expériences de Dulong et de Despretz.

(1) Le travail de Lavoisier et Laplace date de 1780 (*a*), et ce ne fut que dans un mémoire communiqué à l'Académie de médecine en 1785 que Lavoisier fit connaître les faits par lesquels il compléta sa théorie, en admettant l'existence de la combustion de l'hydrogène aussi bien que de la production de l'acide carbonique dans l'acte de la respiration (*b*).

(*a*) Lavoisier et Laplace, *Mémoire sur la chaleur* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1780, p. 335).
(*b*) Lavoisier, *Mémoire sur les altérations qui arrivent à l'air dans plusieurs circonstances où se trouvent des hommes réunis en société* (*Mém. de l'Acad. royale de médecine pour 1782 et 1783*, publié en 1787, p. 574).

pretz, répondirent à son appel (1). Les expériences de l'un et de l'autre furent conduites de manière à éviter plusieurs causes d'erreur qui pouvaient avoir influé sur les résultats obtenus par Lavoisier et Laplace. Ainsi, ils mesurèrent simultanément la chaleur dégagée par l'Animal, et les produits de sa respiration, au lieu de faire ces deux déterminations successivement, ainsi que l'avaient fait leurs prédécesseurs, et ils employèrent des méthodes calorimétriques plus parfaites; mais leurs expériences laissèrent encore beaucoup à désirer, et les conclusions qu'ils en tirèrent ne peuvent être admises sans modifications (2).

D'après Dulong, la chaleur attribuable à la combustion

(1) Pendant fort longtemps le travail de Dulong ne fut connu que par le rapport dont il avait été l'objet de la part de Thenard (a); mais, après la mort de son auteur, en 1841, il fut publié par les soins de l'Académie des sciences (b). Les recherches de M. Despretz furent publiées en 1824 (c).

(2) Dulong fit usage d'un calorimètre à eau dont le réservoir intérieur, servant à loger l'Animal, était mis en communication avec des gazomètres destinés à y renouveler l'air respirable, dont la température était déterminée à l'entrée et à la sortie de l'appareil. Le poids de l'eau contenue dans le calorimètre et l'élévation de la température de ce liquide sous l'influence de la chaleur dégagée par l'Animal fournissaient les données employées pour calculer la quantité de cette chaleur. Les quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique furent déterminées par le jaugeage des gazomètres et l'analyse de l'air à la fin de l'expérience. Enfin, les nombres employés pour l'évaluation de la chaleur dégagée par la combustion du carbone et de l'hydrogène furent ceux donnés précédemment par Lavoisier et Laplace.

L'appareil employé par M. Despretz ressembla beaucoup à celui de Dulong, mais l'évaluation de la chaleur dégagée par la combustion du carbone et de l'hydrogène fut faite d'après les résultats d'expériences nouvelles dues à ce physicien.

(a) *Rapport fait à l'Académie des sciences sur un mémoire de Dulong ayant pour titre : De la chaleur animale*, par de Laplace, Chaussier, et Thenard, rapporteur (*Journal de physiologie* de Magendie, 1823, t. III, p. 45).

(b) Dulong, *Mémoire sur la chaleur animale* (*Mem. de l'Acad. des sciences*, t. XVIII, p. 327, et *Ann. de chimie et de physique*, 3e série, 1841, t. I, p. 440).

(c) Despretz, *Recherches expérimentales sur les causes de la chaleur animale* (*Ann. de chimie et de physique*, 1824, t. XXVI, p. 337). — *Traité élémentaire de physique*, 1825, p. 729 et suiv.

respiratoire ne représenterait que 68,8 à 83,3 centièmes de la chaleur dégagée par l'Animal pendant un temps donné (1), et, suivant les calculs de M. Despretz, la première de ces sources ne pourrait fournir que de 74 à 90,4 centièmes de cette même chaleur propre à l'être vivant. Il y aurait donc un dixième ou même un quart de la chaleur dégagée par l'Animal dont la théorie lavoisienne ne rendrait pas compte. Mais je dois me hâter de dire que dans ces évaluations il y avait évidemment deux causes d'erreur : la production de chaleur par l'Animal était estimée trop haut, et les effets calorifiques attribués à la combustion du carbone et de l'hydrogène consumés dans l'organisme étaient comptés trop bas. Ainsi l'un et l'autre de ces physiciens supposent que l'Animal renfermé dans le calorimètre ne s'y refroidissait pas, et possédait à la fin de l'expérience exactement la même température qu'il avait à son entrée dans le milieu froid où on le tenait emprisonné. Or, nous verrons bientôt qu'il ne devait pas en être ainsi : l'Animal a dû se refroidir, et par conséquent, en perdant une partie de la provision de chaleur préexistante et non renouvelée, il a dû céder au calorimètre plus de chaleur qu'il n'en a produit pendant la durée de la combustion respiratoire aux effets de laquelle on comparait cette émission (2). Il est aussi à noter que les gaz n'étaient pas suffisamment protégés contre l'action de l'eau, pour qu'une por-

(1) D'après Dulong, la proportion de chaleur dépendant de la production de l'acide carbonique aurait été entre 0,49 et 0,55 de la chaleur dégagée par des Carnivores, et entre 0,65 et 0,75 chez les Herbivores. En admettant que la quantité d'oxygène absorbée, et non représentée par l'acide carbonique exhalé, aurait été employée à brûler de l'hydrogène, ce physicien, dans le texte de son mémoire, évalua la proportion de chaleur due à ces deux causes réunies à 0,69 pour le moins et à 0,80 au maximum ; mais, dans le tableau numérique qui y est annexé, on voit que ce dernier chiffre s'élève à 0,83,3 (a).

(2) Cette cause d'erreur a été si-

(a) Dulong, *Mémoire sur la chaleur animale* (*Mém. de l'Académie des sciences*, t. XVIII, et *Ann. de chimie*, 3e série, t. I, p. 454 et 455).

tion de l'acide carbonique n'ait pas été dissoute par ce liquide et n'ait échappé ainsi aux calculs de l'expérimentateur (1). Enfin, la quantité de chaleur qui se dégage pendant la combustion de l'hydrogène est en réalité beaucoup plus grande que ne le pensait Lavoisier, ou même M. Despretz (2), et il en est de même pour celle qui résulte de la combustion du carbone (3). Or, si l'on tient compte de ces rectifications, on voit que dans les expériences de Dulong la quantité de chaleur attribuable à la combustion respiratoire représenterait de 79,2 à 99,4 centièmes de la quantité de chaleur dégagée par l'Animal, et que dans les expériences de M. Despretz le minimum serait 84,2 et le maximum 101,8, écarts qui ne semblent pas dépasser les limites des erreurs dont il est difficile de se préserver dans des recherches de ce genre.

gnalée par M. Dumas dans ses leçons à la Faculté de médecine (*a*).

(1) Pour éviter cette cause d'erreur, M. Despretz a fait construire un appareil où l'eau était remplacée par un bain de mercure ; mais, dans les expériences dont il publia les résultats, cet instrument n'avait pas été employé (*b*).

(2) D'après les expériences de Lavoisier (*c*), la chaleur de combustion de l'hydrogène serait 22 170 calories, et, en faisant les rectifications nécessaires au sujet de la chaleur de la fusion de la glace qui était un des éléments du calcul de ce chimiste, on arrive à 23 411,52 calories. Il est aussi à noter que M. Despretz évalua la chaleur de combustion de l'hydrogène à 23 640 calories (*d*) ; mais il résulte des expériences de MM. Favre et Silbermann que cette estimation doit être élevée à 34 462 calories (*e*).

(3) D'après les données expérimentales fournies par Lavoisier, la chaleur de combustion du carbone était considérée comme égale à 7237,5 calories. M. Despretz admet le nombre 7914. Enfin, il ressort des recherches de MM. Favre et Silbermann que la quantité de chaleur dégagée pendant la transformation du carbone en acide carbonique est de 8080 calories.

(*a*) Voyez Wurtz, *De la production de chaleur dans les êtres organisés*, thèse de concours. Paris, 1847, p. 25.

(*b*) Despretz, *Recherches expérimentales sur les causes de la chaleur animale* (*Ann. de chimie et de physique*, t. XXVI, p. 363).

(*c*) Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 1793, t. I, p. 109.

(*d*) Despretz, *Traité de physique*, 1825, p. 749.

(*e*) Favre et Silbermann, *Recherches sur les quantités de chaleur dégagées dans les actions chimiques et moléculaires* (*Ann. de chimie et de physique*, 3ᵉ série, 1842, t. XXXIV, p. 357).

Au premier abord, ces résultats semblent donc devoir nous satisfaire et nous montrer un accord suffisamment approché entre la théorie et les faits observés ; mais si l'on examine la question de plus près, on voit surgir de nouvelles difficultés. Ainsi, dans toutes les évaluations que je viens de présenter, on a supposé que l'oxygène employé dans la combustion respiratoire, en se combinant avec le carbone et l'hydrogène des matières organiques, dégageait autant de chaleur que si ce gaz s'unissait à de l'hydrogène et à du carbone libres ; or, les expériences des physiciens prouvent que les choses ne se passent pas toujours de la sorte. L'alcool, par exemple, produit, en brûlant, notablement moins de chaleur que ne le ferait supposer le calcul théorique fondé sur la chaleur de combustion du carbone et de l'hydrogène à l'état de liberté (1), et, d'un autre côté, il est fort possible que dans beaucoup des réactions chimiques déterminées par la combustion respiratoire, l'oxygène qui se trouve dans la matière organique moins fortement uni à divers éléments combustibles qu'il ne le sera dans l'eau ou dans l'acide carbonique dont la formation a lieu dans l'intérieur de l'organisme, dégage une certaine quantité de chaleur au moment où cette combinaison plus intime s'effectue. En effet, les expériences de laboratoire nous rendent souvent témoins de phénomènes de ce genre, et dans certains cas on voit un grand dégagement de chaleur résulter d'un nouveau mode de groupement des molécules constitutives d'un corps dont la composition élémentaire ne change pas (2). Il s'ensuit que dans l'état Conclusions.

(1) Il résulte des expériences de MM. Favre et Silbermann que l'hydrogène protocarboné donne, en brûlant, 13 063 calories, tandis que la chaleur de combustion du carbone et de l'hydrogène de ce corps serait égale à 14 673,5 calories, si, au lieu d'être combinés, ils étaient libres. Pour l'alcool ($C^4H^4,2HO$), l'expérience donne 7183,6 calories et le calcul 7212,3. Des différences non moins considérables ont été constatées pour d'autres composés binaires ou ternaires comparés à leurs éléments constitutifs libres.

(2) Ainsi l'acide cyanique, à la tem-

actuel de la science nous ne pouvons pas faire d'une manière précise le compte de la quantité de chaleur due à la combustion respiratoire ou aux autres phénomènes chimiques ou physiques dont l'organisme est le siége. Mais, d'après l'ensemble de faits dont je viens de rendre compte, il me semble impossible que cette combustion intérieure ne soit pas la cause principale, sinon la cause unique de la chaleur propre des Animaux. La théorie que l'illustre Lavoisier donna de la chaleur animale au moment où la chimie nouvelle naissait entre ses mains, est donc encore aujourd'hui en accord parfait avec tout ce que nous savons de ce phénomène physiologique et le fait rentrer dans les lois générales de la physique. Quel que soit le côté par lequel nous envisageons le travail nutritif, nous nous trouvons conduits à reconnaître que le corps humain, de même que le corps de tout autre Animal, doit être le siége d'une combustion plus ou moins active dont les conséquences sont la destruction d'une certaine quantité de substance organique et la production de matières oxygénées, telles que l'eau, l'acide carbonique et l'urée, dont la formation est accompagnée d'un dégagement de chaleur et constitue la principale source des excrétions.

Ainsi, lorsque par la pensée on suit l'oxygène qui de l'atmosphère pénètre dans l'intérieur de ces organismes, lorsqu'on remonte à l'origine de la chaleur qui rayonne du corps de tout être animé, ou bien encore lorsqu'on envisage de la même manière les produits dont l'économie animale se débarrasse,

pérature de quelques degrés au-dessus de zéro, se transforme en acide cyanurique insoluble, sans changer de composition élémentaire, mais en se condensant pour ainsi dire, et cette transformation moléculaire est souvent accompagnée d'assez de chaleur pour déterminer de légères explosions. A une certaine température, le chlorhydrate d'urée se transforme spontanément en acide cyanurique et en sel ammoniac, avec dégagement de chaleur. On trouvera dans les traités de chimie beaucoup d'autres exemples analogues.

soit par les voies respiratoires, soit par la sécrétion urinaire, on arrive au même point. Toutes ces études se mêlent ou plutôt se confondent en une seule ; la combustion physiologique nous apparaît toujours comme le grand régulateur de chacune des fonctions qui ont pour objet la conservation de la vie de l'individu, et, pour nous rendre compte des circonstances qui peuvent modifier la marche de chacune d'elles, il nous faut connaître avant tout ce qui influe sur ce phénomène fondamental.

Siége du développement de la chaleur animale.

Ainsi, pour faire un pas de plus dans l'histoire de la chaleur animale, nous aurions à chercher en quels lieux cette chaleur se développe, et, puisque sa production dépend de la combustion respiratoire, dont une autre conséquence est la formation de l'acide carbonique et des matières urinaires, nous aurons par cela même à chercher où toutes ces substances peuvent prendre naissance, et ce que nous découvrirons relativement à l'une d'entre elles pourrait nous éclairer au sujet des autres ; car là où se développe la chaleur animale, s'opère la combustion en question, et là où cette combustion a son siége, doivent se produire toutes les matières brûlées dont l'acide carbonique et l'urée sont les principaux représentants. Ce raisonnement sera également vrai si on le retourne, et si, en prenant pour point de départ l'apparition de l'acide carbonique dans l'organisme, on en déduit le siége de la production de la chaleur animale ou de l'urée.

Dans une des premières Leçons de ce cours, nous avons vu que le sang de l'Homme et des autres Vertébrés change de teinte suivant que ce liquide est chargé d'oxygène ou d'acide carbonique ; que dans le premier cas il est d'un rouge vermeil, tandis que dans le second il est d'un rouge sombre, et qu'il conserve la première de ces couleurs depuis son passage dans les capillaires de l'appareil respiratoire jusque dans les dernières ramifications du système artériel, mais que là il change d'aspect et prend les caractères du sang veineux. Ce change-

ment du sang artériel en sang noir se fait dans toutes les parties du système capillaire général, c'est-à-dire dans la profondeur de toutes les parties de l'organisme, dans la substance de tous les tissus vivants. C'est donc en traversant ces canaux étroits que le fluide nourricier se charge d'acide carbonique, et par conséquent aussi c'est dans toutes les parties du corps que doit s'opérer la combustion physiologique qui enlève au sang son oxygène libre et qui donne naissance à l'acide carbonique. C'est donc aussi dans le système capillaire général ou à l'entour de ce système que doivent prendre naissance les autres produits de cette même combustion : l'urée, par exemple ; et c'est également dans la profondeur de toutes les parties de l'économie que doit avoir lieu le dégagement de chaleur dont dépend la température propre des Animaux.

Effectivement, c'est ce qui a lieu. Lorsqu'à la suite des grandes découvertes de Lavoisier on supposait que la combustion respiratoire était concentrée dans les poumons et entretenue à l'aide de matières combustibles excrétées du sang dans les cavités aérifères de cet organe, on pensait aussi que les poumons étaient le foyer de la chaleur animale ; que le sang, en y passant, s'y échauffait, et que ce liquide portait ensuite dans les parties éloignées du corps la chaleur acquise de la sorte. On ne pouvait, il est vrai, constater à l'aide du thermomètre aucune élévation de température du sang après son passage dans les poumons, ni aucun refroidissement appréciable quand ce liquide avait traversé le système capillaire général et était revenu vers l'appareil respiratoire par les canaux veineux ; mais on expliquait cette égalité par des différences que l'on crut avoir constatées entre la capacité pour la chaleur dans le sang artériel et le sang veineux (1).

(1) Dans une des premières Leçons de ce cours, j'ai eu l'occasion d'exposer les vues de Lavoisier à ce sujet, et de dire que Crawford avait cherché à expliquer de la même manière les phénomènes de la chaleur ani-

Pendant les premières années du siècle actuel, ces idées relatives à la localisation de la production de chaleur dans l'appareil respiratoire furent acceptées par presque tous les physiologistes ; mais lorsqu'à la suite des observations de W. Edwards et de M. Magnus sur la provenance de l'acide carbonique, on reconnut que les poumons exhalaient un produit dont l'existence était constatable dans le sang veineux, cette opinion devait disparaître, et d'ailleurs d'autres faits vinrent bientôt nous montrer que la cause de la température propre des Animaux réside dans toutes les parties de leur corps.

§ 3. — Nous avons vu précédemment que partout dans l'organisme la transformation du sang vermeil en sang noir dénote

male (*a*). Ce dernier auteur supposa d'abord, comme l'avait fait Priestley, que le sang artériel, en traversant le système capillaire général, absorbait du phlogistique pour se transformer en sang veineux, et que ce changement était accompagné d'une diminution dans la chaleur spécifique de ce liquide, en sorte qu'il céderait du calorique aux parties voisines, tandis que dans les poumons il céderait son phlogistique à l'air inspiré, et donnerait naissance ainsi à de l'air fixe dont la capacité calorifique serait beaucoup moindre que celle de l'air pur; l'air inspiré dégagerait alors beaucoup de chaleur qui servirait à vaporiser l'eau constitutive de la transpiration pulmonaire et à maintenir à une température constante le sang veineux, lorsque celui-ci, en passant de l'état de sang veineux à l'état de sang artériel, acquerrait une chaleur spécifique plus grande (*b*). Ce fut seulement quelques années après la publication de la théorie lavoisienne que Crawford, dans une seconde édition de son ouvrage, substitua, à ces hypothèses touchant le rôle du phlogistique, des vues semblables à celles de l'illustre fondateur de la chimie moderne (*c*). Voici en peu de mots comment il chercha alors à expliquer l'élévation de la température du corps humain et des autres animaux à sang chaud. Le sang, en traversant le système capillaire général, se chargerait d'hydrogène carboné, et, en arrivant dans les poumons, abandonnerait ce gaz qui, en se combinant avec l'oxygène de l'air inspiré, donnerait naissance à de l'acide carbonique et à de la vapeur d'eau. Or, la capacité de l'oxygène pour la chaleur, serait, d'après Crawford, trois fois plus consi-

(*a*) Voyez tome I, page 423.

(*b*) Je n'ai pu me procurer la première édition de l'ouvrage de Crawford, publiée en 1779 ; mais ses idées sur la production de la chaleur animale sont résumées dans un mémoire qu'il publia en 1782 sous le titre d'*Expériences sur le pouvoir qu'ont les Animaux de produire du froid* (*Journal de physique*, t. XX, p. 451).

(*c*) Voyez Gavarret, *Physique médicale*, 1855, p. 183.

une production d'acide carbonique, et que la formation de ce composé oxygéné est accompagnée d'un dégagement de chaleur. La production de chaleur doit donc avoir lieu dans toutes les parties de l'économie animale, et effectivement ce phénomène a son siége partout où l'activité vitale se manifeste. Ainsi, MM. Ludwig et Spiess ont constaté que la salive qui s'écoule de la glande sous-maxillaire a une température supérieure à celle du sang qui se rend à cette glande (1); et M. Cl. Bernard, dont les belles expériences ont tant contribué aux progrès récents de la physiologie, a mis bien en évidence cette production de chaleur dans la substance des organes par des expé-

dérable que celle des matières ainsi formées, et par conséquent la combinaison de ce principe comburant avec l'hydrogène carboné provenant du sang déterminerait dans l'intérieur des poumons le dégagement de beaucoup de chaleur, mais cette chaleur ne serait pas sensible, parce que le sang artériel, en se changeant en sang veineux, acquerrait une capacité calorifique plus grande et emploierait cette chaleur pour se maintenir à la température qu'il avait en arrivant aux poumons. Enfin, le sang artériel, en se changeant en sang veineux dans le système capillaire général, perdrait ce surcroît de capacité calorifique et abandonnerait aux parties voisines la chaleur que l'air inspiré lui avait communiquée, en sorte que cette chaleur ne deviendrait sensible que dans les points où le sang artériel se transforme en sang veineux, c'est-à-dire dans le système capillaire général (*a*).

Cette hypothèse, comme on le voit, repose complétement sur la supposition d'une différence considérable dans la chaleur spécifique du sang artériel et du sang veineux, et Crawford déduisit de ses expériences à ce sujet, que la capacité du premier de ces liquides pour la chaleur était représentée par 1,0300, lorsque la capacité calorifique du sang veineux n'était que de 0,8928; mais d'autres recherches mieux conduites prouvèrent qu'il n'en est pas ainsi. En effet, M. J. Davy constata que la chaleur spécifique du sang veineux ne diffère pas sensiblement de celle du sang artériel (*b*). Il est aussi à noter que la capacité de l'acide carbonique pour la chaleur n'est pas, comme le supposait Crawford, inférieure à celle de l'air.

(1) La différence entre la température du sang de l'artère carotide qui se rendait aux glandes sous-maxillaires, et celle du liquide qui sortait de ces

(*a*) Crawford, *Experiments and Observations on Animal Heat*, seconde édition, 1788, p. 149 et suiv.

(*b*) J. Davy, *An Account of some Experiments on Animal Heat* (*Philos. Trans.*, 1814, p. 590). — *Researches Anatomical and Physiological*, t. I, p. 141.

riences sur les nerfs vaso-moteurs. Il a montré que d'ordinaire ce n'est pas le sang qui, en raison de sa température élevée, échauffe les tissus en y circulant, mais que c'est sur place que se développe la chaleur propre à chaque partie de l'organisme, et que c'est la chaleur ainsi produite dans la substance des tissus vivants qui échauffe le fluide nourricier (1). Ainsi que je l'ai déjà dit (2), la section du nerf grand sympathique dans la région du cou détermine la dilatation des vaisseaux dans l'oreille et les parties voisines de la tête du même côté, et ce phénomène est accompagné non-seulement de rougeur, mais aussi d'un grand

organes, fut évaluée à 1 degré centigrade dans les premières recherches de MM. Ludwig et Spiess, et dans des expériences subséquentes elle fut évaluée à 1,5 (*a*).

(1) L'explication de ces phénomènes fut donnée peu de temps après par plusieurs physiologistes, qui attribuèrent avec raison l'augmentation de la chaleur locale, non à la suspension d'une action retardatrice que les nerfs en question exerceraient d'une manière directe sur la production de chaleur, mais aux conséquences que la paralysie des parois des vaisseaux déterminée par la section de ces organes amène dans l'état de la circulation, et à l'augmentation dans la quantité de sang en mouvement dans leur intérieur (*b*).

Tout dernièrement M. Claude Bernard a publié de nouvelles expériences sur l'influence que les nerfs ganglionnaires exercent sur la caloricité, et il a fait voir que dans les membres la paralysie des nerfs vaso-moteurs est suivie des mêmes effets que dans la tête (*c*).

(2) Voyez tome IV, page 200.

(*a*) Ludwig und Spiess, *Vergleichung der Wärme des Unterkieferdrüsenspeichels und des gleichseitigen Carotidenblutes* (*Sitzungsberichte der Wiener Akad.*, 1857, t. XXV, p. 584).

— Ludwig, *Neuer Versuch über die Temperatur des Speichels* (Canstatt's *Jahresbericht für* 1860, t. I, p. 16).

(*b*) Brown-Séquard, *Researches on the Influence of the Nervous System upon the Functions of Organic life* (*Medical Examiner*, 1852, et *Experimental Researches*, 1853, p. 9). — *On the Increase of Animal Heat after Injuries of the Nervous System* (*Experimental Researches*, p. 73). — *Sur les résultats de la section et de la galvanisation du nerf grand sympathique au cou* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1854, t. XXXVIII, p. 73).

— Waller, *Neuvième mémoire sur le système nerveux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1853, t. XXXVI, p. 378).

— Donders, *Aanteekeningen van het Utrechtsch Genootschap*, 1853, n° 32.

— Schiff, *De l'influence du grand sympathique sur la production de la chaleur animale, etc.* (*Gazette hebdomadaire*, 1854, t. I, p. 421). — *Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems*, 1855.

— Vander Beke Callenfels, *Onderzoekingen over den invloed der vaatzenuwen op den Bloedsomloop en den Warmtegraad* (*Nederlandsch Lancet*, 3e série, 1855, t. IV, p. 688). — *Ueber den Einfluss der vasomotorischen Nerven auf den Kreislauf und die Temperatur* (*Zeitschrift fur rat. Med.*, 2e série, t. VII, p. 157).

(*c*) Cl. Bernard, *Recherches expérimentales sur les nerfs vasculaires et calorifiques du grand sympathique* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1862, t. LV, p. 228).

développement de chaleur dans la partie qui en est le siége. La différence de température entre les deux oreilles devient souvent de 3 ou 4 degrés. Or, le sang qui arrive aux tissus qui se trouvent dans cet état de turgescence vasculaire n'est pas plus chaud que celui du côté opposé, et de ce dernier côté il ne présente aucune élévation de température après avoir traversé les tissus et être rentré dans les veines du cou ; mais du côté où la chaleur locale a été augmentée par l'effet de l'opération, il s'échauffe notablement, et le thermomètre plongé dans la veine correspondante marque d'ordinaire un demi-degré de plus que dans le courant afférent ou dans le courant efférent du côté opposé (1). On obtient aussi des preuves de la diffusion du travail calorifique dans les diverses parties de l'économie animale, en comparant la température du sang qui sort de certains organes où les effets de ce phénomène ne sont contre-balancés par aucune cause de refroidissement notable et celle du sang qui y entre. Ainsi, M. Cl. Bernard a vu que, chez le Chien, le sang qui dans l'artère aorte descend vers l'intestin est presque toujours un peu moins chaud que le sang qui, après avoir traversé le système capillaire des parois du tube intestinal, remonte dans la veine porte pour se rendre au foie, et il a constaté que ce liquide, en traversant ensuite le foie, s'échauffe

(1) M. Cl. Bernard a constaté aussi que cette augmentation de la production de chaleur dans la partie de la tête dépendante des nerfs dont il avait coupé le tronc d'un côté du cou se manifeste très rapidement, et cesse de même lorsque, par la galvanisation du tronçon supérieur du nerf ainsi divisé, on détermine la contraction des vaisseaux sanguins. Chez les Lapins, il a vu l'élévation de température locale durer pendant douze ou quinze jours, et chez les Chiens il en a constaté la persistance pendant plusieurs mois.

M. Claude Bernard a vu aussi que lorsqu'on expose à l'action du froid les Animaux soumis à cette opération, la tête se refroidit beaucoup plus vite du côté sain que du côté paralysé (*a*).

(*a*) Cl. Bernard, *De l'influence du système nerveux grand sympathique sur la chaleur animale* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1852, t. XXXIV, p. 472).

encore davantage : la différence entre la température du sang dans l'aorte ventrale et dans les veines hépatiques est en moyenne de plus d'un demi-degré centigrade (1).

Circonstances dont dépend la température des diverses parties du corps.

§ 4. — La température générale du corps dépend de deux choses agissant en sens contraire : d'une part, du degré d'activité de la combustion physiologique qui, entretenue par la respiration, s'opère dans la substance de tous les tissus vivants où le fluide nourricier apporte à la fois l'élément comburant et des matières combustibles ; d'autre part, des causes plus ou moins puissantes de refroidissement qui déterminent la déperdition de la chaleur propre de l'Animal, et qui sont : le rayonnement qui se fait par la surface de son corps ; l'équilibre qui tend à s'établir sur cette surface et les corps plus ou moins froids avec lesquels elle est en contact ; enfin l'évaporation qui a lieu par cette même surface (2). La température de chacune des parties

(1) Dans dix-huit expériences faites sur des Chiens, la différence de température entre le sang de l'artère aorte ventrale et celui des veines hépatiques, c'est-à-dire entre le sang avant et après son passage dans l'ensemble de l'appareil digestif, a varié entre 0°,2 et 1 degré centigrade. Entre l'aorte ventrale et la veine porte, M. Cl. Bernard a trouvé des différences de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{2}$ degré en faveur du sang veineux ; mais dans quelques cas il y avait une légère différence en sens contraire, ce qui s'expliquait facilement par la présence de corps étrangers plus ou moins froids dans l'intestin. Enfin, dans une troisième série d'expériences comparatives faites sur le sang de la veine porte qui se rendait au foie et celui des veines hépatiques qui venait de traverser ce viscère, la température de ce dernier liquide fut trouvée de 0°,1 à 0°,6 plus élevée que celle du premier. Il est d'ailleurs à noter que cette élévation croissante dans la température du sang qui passait successivement dans les capillaires de l'intestin et dans la substance du foie ne pouvait être attribuée à l'influence du voisinage des poumons ou du cœur, car M. Cl. Bernard trouva qu'en s'avançant dans le thorax, ce même liquide se refroidissait (a).

(2) En ayant égard à ces diverses causes de déperdition de chaleur, il devient facile de se rendre compte des effets très différents qui peuvent être produits sur l'Homme et les Animaux par une même température basse, sui-

(a) Cl. Bernard, *Leçons sur les propriétés physiologiques des liquides de l'organisme*, 1859, t. I, p. 84 et suiv.).

de l'économie animale en particulier est soumise à l'influence des mêmes causes d'élévation et d'abaissement, mais elle est réglée aussi par celle du reste de l'organisme; car le sang, en circulant partout, tend à maintenir l'égalité dans tous les points qui sont baignés successivement par ce liquide en circulation.

Influence réfrigérante du renouvellement de l'air dans les poumons.

Nous pouvons donc prévoir que le poumon, au lieu d'être un foyer où le sang se charge de chaleur pour la répartir ensuite dans le reste de l'économie, est un organe où ce liquide doit se refroidir; car nous savons que l'air inspiré s'y charge d'une grande quantité de vapeur d'eau, et la physique nous apprend que l'eau, en passant de l'état liquide à l'état de vapeur, enlève aux corps circonvoisins une quantité considérable de chaleur. L'expérience confirme ces déductions théoriques, et nous

vant que l'air est en repos ou agité, que le corps est exposé au rayonnement ou préservé par un abri, et que l'évaporation est plus ou moins facile. Tous les voyageurs qui ont visité les régions polaires ont eu l'occasion de remarquer que l'Homme supporte bien plus facilement un froid très intense, quand l'atmosphère est calme, qu'un froid modéré, quand le vent est fort : cela dépend principalement de ce que dans le premier cas la couche d'air en contact avec la peau, et réchauffée à ses dépens, ne se renouvelle que lentement, tandis que dans le second cas elle est aussitôt entraînée au loin et remplacée par une nouvelle quantité d'air froid. Comme exemple de faits de ce genre, je rappellerai les observations faites pendant le voyage du capitaine Parry dans les régions circompolaires. A. Fischer, l'un des compagnons de ce navigateur, rapporte que par une température de plus de 40 degrés au-dessous de zéro et un temps très calme, on ne souffrit pas plus du froid que lorsque durant la bise le thermomètre était à — 17° ; il évalue même la sensation du froid produite par le vent à un abaissement de 19 degrés dans la température de l'air (*a*).

Au sujet de l'influence du rayonnement sur le refroidissement, je renverrai aux observations de M. Charles Martins (*b*). Le froid que l'on éprouve sur les hautes montagnes, ou dans les ascensions aérostatiques, est dû en partie à la basse température et aux mouvements de l'air, ainsi qu'au rayonnement, mais en partie aussi à l'évaporation, qui est d'autant plus rapide que la pression atmosphérique devient moindre.

(*a*) Voyez Gavarret, *Op. cit.*, p. 505.

(*b*) Martins, *Du froid thermométrique et de ses relations avec le froid physiologique dans les plaines et sur les montagnes* (*Mém. de l'Acad. de Montpellier*, 1859, t. IV).

montre que la température du sang est un peu plus élevée dans le ventricule droit du cœur, où ce liquide séjourne pendant quelques instants avant d'aller au poumon, que dans le ventricule gauche, où il arrive après avoir traversé l'appareil respiratoire. Les recherches de M. Malgaigne et de M. Cl. Bernard ne laissent aucun doute à cet égard (1), et par conséquent

(1) En 1832, M. Malgaigne, guidé par Collard de Martigny, constata ce fait en introduisant des thermomètres jusque dans les deux ventricules du cœur par l'intermédiaire des gros vaisseaux sanguins du cou (*a*). Peu de temps après, Berger trouva chez le Mouton 41°,4 dans les cavités droites du cœur, et seulement 40°,9 dans les cavités gauches ; mais il ne fit pas connaître la manière dont il avait opéré, de sorte qu'on ne pouvait juger de la valeur de ses observations (*b*). En 1844, Magendie et M. Cl. Bernard firent des expériences analogues sur des Chevaux vivants. Ils introduisirent le même thermomètre alternativement dans le ventricule droit et dans le ventricule gauche sans ouvrir le thorax de l'Animal, et ils trouvèrent le sang plus chaud dans la première de ces cavités que dans la seconde. Plus récemment, M. Cl. Bernard a fait de nouvelles recherches sur ce sujet (*c*), et ses observations concordent avec les précédentes, ainsi qu'avec les résultats obtenus par M. Hering chez un Veau affecté d'ectopie du cœur (*d*), et par M. G. Liebig, M. Fick et quelques autres physiologistes (*e*).

Des recherches faites précédemment sur le même sujet par Saissy, M. J. Davy, etc., avaient conduit à des résultats inverses, mais cela dépendait du procédé opératoire employé par ces physiologistes (*f*). En effet, ils firent leurs observations thermométriques sur des Animaux récemment

(*a*) Voyez Collard de Martigny, *De l'influence de la circulation générale et pulmonaire sur la chaleur du sang, et de celle de ce fluide sur la chaleur animale* (*Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales*, t. XLIII, p. 386 et suiv.).

(*b*) Berger, *Faits relatifs à la construction d'une échelle des degrés de la chaleur animale* (*Mém. de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, 1833, t. VI, p. 353 et suiv.).

(*c*) Cl. Bernard, *Recherches expérimentales sur la chaleur animale* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1856, t. XLIII, p. 565). — *Leçons sur les propriétés physiologiques, etc., des liquides de l'organisme*, 1859, t. I, p. 57 et suiv.

(*d*) Hering, *Versuche die Druckkraft des Herzens zu bestimmen* (*Archiv für physiologische Heilkunde*, 1850, t. IX, p. 18).

(*e*) G. Liebig, *Ueber d. Temperaturunterschiede des venosen und arteriellen Blutes.* (inaug. Abhandl.). Giessen, 1853.

— Fick, *Beiträge zur Temperaturtopographie des Organismus* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1853, p. 408).

— Wurlitzer, *De temperatura sanguinis arteriosi et venosi, adjectis quibusdam experimentis* (dissert. inaug.). Greifswold, 1858.

(*f*) Saissy, *Recherches expérimentales sur la physique des Animaux mammifères ibernants*, p. 69.

— John Davy, *Experiments on Animal Heat* (*Philos. Trnas.*, 1814). — *Researches Anat and Physiol.*, t. I, p. 149.

— Nasse, *Thierische Wärme* (Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie*, t. IV, p. 47).

Boerhaave ne se trompait pas lorsque, à l'exemple des anciens, il attribuait une action rafraîchissante au renouvellement de l'air dans l'intérieur des poumons, bien qu'il ait mal apprécié le degré d'importance de ce phénomène physique et qu'il ait méconnu le résultat final du travail respiratoire (1).

Température des diverses parties de l'organisme.

§ 5. — La chaleur animale, avons-nous dit, se développe partout dans l'organisme, puisque partout il y a production d'acide carbonique; mais il est évident que les réactions chimiques dont ce phénomène dépend ne s'effectuent pas avec la même intensité dans tous les tissus ni dans tous les organes, et que par conséquent il doit y avoir aussi des différences dans la faculté calorigène des diverses parties du corps. Effectivement, cela ressort des observations thermométriques faites comparativement dans différentes régions chez le même individu (2);

morts et dont ils mettaient le cœur à nu. M. J. Davy trouva ainsi le sang à la température de 41°,22 dans le ventricule gauche, et à 40°,53 seulement dans le ventricule droit. Cela résultait de la rapidité plus grande avec laquelle le liquide se refroidit dans les deux cavités du cœur, dont les parois n'ont pas la même épaisseur. M. Georges Liebig a constaté ce fait en plaçant un cœur dans un bain d'eau légèrement chauffée, de façon à avoir équilibre de température dans toutes les parties de l'organe, puis en l'exposant à l'air froid et en mesurant comparativement la marche de l'abaissement de la température du liquide contenu dans les deux ventricules. Au commencement de cette seconde période de l'expérience, les deux thermomètres placés, l'un dans la cavité droite, l'autre dans la cavité gauche du cœur, marquaient le même degré, mais celui du ventricule droit descendit plus rapidement que l'autre (a). Dans les expériences de M. Cl. Bernard, faites sur des Chiens et des Moutons, la différence dans la température du sang avant et après le passage de ce liquide dans le poumon était en général d'environ $\frac{1}{4}$ de degré centigrade (b).

(1) Voyez tome I, page 376.

(2) G. Martine, médecin écossais qui, vers le milieu du siècle dernier, fit quelques bonnes observations sur la température du corps humain, évalua à 1 degré centigrade la différence qui existe entre la chaleur de la peau et celle des viscères (c). Hunter fit

(a) G. Liebig, *Op. cit.*, 1853.

(b) Cl. Bernard, *Leçons sur les liquides de l'organisme*, t. I, p. 110 et 116.

(c) Martine, *Essais sur la construction et comparaison des thermomètres, etc.*, trad. de l'anglais, 1751, p. 174.

mais le contact mutuel de tous les organes et la rapidité des courants sanguins qui les traversent sans cesse tendent à faire disparaître les inégalités qui peuvent exister sous ce rapport, et

plusieurs expériences pour apprécier l'influence que les causes extérieures de refroidissement peuvent exercer sur la température des parties qui y sont le plus exposées. Ainsi il porta successivement la boule d'un petit thermomètre à diverses profondeurs dans le canal de l'urèthre, et trouva 33°,3 centigrades à un pouce de l'extrémité de la verge, 33°,9 à deux pouces de l'orifice urinaire, 34°,5 à trois pouces, et 36°,1 lorsque le réservoir était arrivé dans le bulbe de l'urèthre. En plongeant la verge dans de l'eau à 10 degrés où était placé le même organe provenant d'un cadavre et préalablement chauffé à 33°,3, il vit que dans l'espace de temps nécessaire pour refroidir ce dernier corps à 10 degrés, la température de l'organe vivant était descendue à 14°,5 (*a*).

Dans une série d'observations sur la distribution de la chaleur animale dans les différentes parties du corps, faites par M. J. Davy sur des Moutons qu'on venait de tuer, le thermomètre fut introduit sous la peau ou dans la profondeur des organes, et donna les indications suivantes :

Au tarse	32°,22
Au métatarse	36,11
A l'articulation du genou	38,80
Vers le haut de la cuisse	39,44
A la hanche	40,00
Dans le cerveau	40,00
Dans le rectum	40°,56
Vers la base du foie	41,11
Dans la substance de cet organe	41,39
Dans le ventricule gauche	41,67

Il est probable que la graduation du thermomètre n'était pas exacte ; mais les résultats obtenus n'en furent pas moins comparatifs. En faisant des observations analogues sur le corps de l'Homme, les indications thermométriques ne pouvaient être aussi exactes ; car M. J. Davy ne pouvait appliquer qu'incomplétement le réservoir de l'instrument sur les parties dont il voulait apprécier la température. Voici, du reste, quelques-uns des résultats qu'il obtint de la sorte :

Sous la plante du pied	32°,22
Au mollet	33,89
Au milieu de la cuisse	34,44
Près du nombril	35,00

A l'aisselle, où le thermomètre pouvait être complétement entouré par les parties vivantes, le mercure s'éleva à 36°,67 (*b*).

W. Edwards et Gentil trouvèrent chez un homme en bonne santé et au repos :

Dans la bouche et dans l'anus	38°,75
A la main	37,50
Au pied	35,62

Ils virent aussi que dans l'aisselle et

(*a*) Hunter, *Expériences et observations sur la faculté dont jouissent les Animaux de produire de la chaleur* (*Œuvres*, t. IV, p. 212).

(*b*) J. Davy, *An Account of some Experiments on Animal Heat* (*Philos. Trans.*, 1814, t. CIV, p. 590).

la principale cause des différences que l'on observe dans la température des diverses parties de l'organisme, est la facilité plus ou moins grande avec laquelle ces parties perdent la chaleur qui leur est propre. Or, il existe à cet égard des différences très considérables, et il est évident que lors même que chaque molécule de matière vivante développerait en un temps donné une même quantité de chaleur, la température produite de la sorte différerait beaucoup près de la surface de refroidissement et dans la profondeur de l'organisme. Les parties superficielles du corps doivent donc être moins chaudes que les parties internes, et, toutes choses étant égales d'ailleurs, la différence doit être d'autant plus considérable que cette surface est plus étendue relativement à la quantité de matière vivante qu'elle limite. Il en résulte que la forme des diverses parties du corps doit influer sur leur température propre, et que cette température doit être non-seulement plus élevée dans les parties intérieures que près de la peau, mais aussi plus

dans l'aine le thermomètre s'élevait moins que dans la main, mais il est probable que cette anomalie dépendait de quelque imperfection dans le mode d'expérimentation (*a*).

Récemment M. Braune a profité d'un cas d'anus contre nature pour prendre la température de l'intérieur de l'intestin, et il a trouvé 37°,5 ou environ $\frac{1}{10}$ de degré de moins, tandis que la température de l'aisselle varie de 35°,7 à 37 degrés (*b*).

Je citerai également à ce sujet les observations thermométriques faites sur un Lapin par M. Collard de Martigny :

Température de l'atmosphère.	14°,5 Réaum.
Du tarse.	17,5
Du jarret	21(5)
Du pli de la jambe	26,5
Du cou, près du thorax . . .	27,0
De l'abdomen, sous la peau .	26,5
De l'intérieur de l'abdomen .	25,5
Au-dessous du diaphragme, près de l'estomac	30,5
Du thorax, près du cœur . .	30°,5 (*c*)

Dans les expériences thermométri-

(*a*) W. Edwards, *Animal Heat* (Todd's *Cyclopædia of Anat. and Physiol.*, t. II, p 660).

(*b*) Braune, *Ein Fall von Anus prænaturalis* (*Archiv für path. Anat. und Physiol.*, 1860, t. XIX, p. 470).

(*c*) Collard de Martigny, *Op. cit.* (*Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales*, t. XLIII, p. 269).

élevée dans le tronc que dans les membres, et les divisions terminales de ces appendices doivent être moins chaudes que leur portion basilaire. L'observation journalière suffirait pour montrer la justesse de ces conclusions ; mais, pour nous donner la mesure des différences qui existent à cet égard entre les diverses parties du corps d'un même individu, il faut avoir recours aux indications thermométriques, et, pour prendre la température dans l'intérieur de l'organisme, on ne peut pas toujours se servir de thermomètres ordinaires ; souvent il faut avoir recours aux aiguilles thermo-électriques que l'on peut enfoncer sans inconvénient dans les parties vivantes, et qui permettent d'évaluer des différences très faibles. M. Becquerel et Breschet ont fait de la sorte une série de recherches intéressantes, et ils ont vu qu'il pouvait y avoir des différences de plus de 2 degrés centigrades entre la température des différentes parties profondes de l'organisme d'un même individu (1). Pour les parties superficielles, l'abaissement de la température peut être beaucoup plus considérable, et varie davantage suivant les conditions dans lesquelles l'individu est placé (2).

ques faites sur des Chiens, M. L. Fink trouva la température du rectum un peu plus élevée que celle du cœur et du cerveau (*a*).

(1) Les observations faites à l'aide d'aiguilles thermométriques par Breschet et M. Becquerel ne furent pas très variées ; mais elles montrent que dans la substance des muscles du bras la température est notablement plus élevée que dans le tissu cellulaire sous-cutané adjacent. Ainsi, dans un cas, la différence était de 1°,83, et dans une autre expérience de 2°,25 (*b*). Dans une autre expérience, l'aiguille introduite sous l'aponévrose plantaire y indiquait 32 degrés, tandis que, placée dans le muscle biceps brachial, elle marquait 37°,5 (*c*).

(2) C'est aux différences de température existant entre le tronc et les membres, et au refroidissement éprouvé

(*a*) Lud. Fink, *Beiträge zur Temperaturtopographie des Organismus* (Müller's *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 1853, p. 112).

(*b*) Becquerel et Breschet, *Premier Mémoire sur la chaleur animale* (Ann. *des sciences nat.*, 2e série, 1835, t. III, p. 269).

(*c*) Becquerel et Breschet, *Deuxième Mémoire sur la chaleur animale* (Ann. *des sciences nat.*, 2e série, 1835, t. IV, p. 245).

Influence du volume du corps sur sa température.

Des considérations du même ordre nous conduisent à reconnaître que le volume du corps des êtres animés doit influer aussi beaucoup sur leur température propre, et que si la quantité de chaleur qu'ils développent était la même pour un même poids de matière calorigène, c'est-à-dire de substance vivante, celui dont la masse serait faible ne saurait résister aux causes de refroidissement dont tous sont entourés, comme le ferait celui dont le volume serait considérable. Pour conserver la même température quand le milieu ambiant est froid, les petits Animaux ont donc besoin de produire beaucoup plus de chaleur que ceux dont le corps est gros. Ainsi, une Mouche, par exemple, pour conserver en hiver la température intérieure dont elle jouit en été, aurait besoin de produire une quantité de chaleur énorme comparée à celle au moyen de laquelle le moindre Mammifère peut maintenir son corps à une température de 36 à 38 degrés ; et, comparativement, pour avoir la même température intérieure, une Souris et un Lapin ont besoin de brûler beaucoup plus de combustible organique qu'un Cheval ou un Bœuf. Or, en étudiant les phénomènes de la respiration chez ces

par le sang en traversant les extrémités, qu'il faut attribuer les différences constatées par divers observateurs entre la température du sang artériel et celle du sang veineux dans ces parties. En effet, le sang qui revient des membres et de la tête vers le cœur est moins chaud que celui qui s'y rend après avoir circulé dans les vaisseaux du tronc. Ainsi, M. J. Davy a trouvé 40°,84 pour le sang de la veine jugulaire, et 41°,67 pour le sang de l'artère carotide (*a*). Dans les expériences faites par Breschet et M. Becquerel sur des Chiens, le sang de l'artère crurale était dans un cas de 0°,8 et dans un autre cas de 1°,1 plus chaud que le sang de la veine correspondante. Ces savants trouvèrent aussi le sang un peu plus chaud dans la veine jugulaire que dans la veine crurale (*b*). Des observations analogues ont été faites récemment par M. Wurlitzer (*c*).

(*a*) J. Davy, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1814, p. 596).

(*b*) Becquerel et Breschet, *Recherches expérimentales physico-chimiques sur la température des tissus et des liquides animaux* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1837, t. VII, p. 99 et suiv.).

(*c*) Wurlitzer, *De temperatura sanguinis arteriosi et venosi, adjectis quibusdam experimentis* (dissert. inaug.). Greifswald, 1858.

différents êtres, nous avons vu qu'effectivement les petits Animaux à sang chaud consomment en un temps donné une quantité d'oxygène qui, proportionnément au poids de leur corps, est beaucoup plus grande que celle employée de la même manière par les gros Mammifères (1).

§ 6. — L'évaporation de l'eau qui a lieu sans cesse à la surface de la peau et dans les voies respiratoires de l'Homme et des autres Animaux qui vivent dans l'atmosphère, est la principale cause de refroidissement qui contre-balance les effets thermométriques du développement de la chaleur propre de ces êtres résultant de la combustion vitale dont ils sont le siége; et c'est aussi en raison de cette circonstance qu'ils peuvent rester pendant un certain temps dans de l'air dont la température est plus élevée que celle de leur corps, sans que leur chaleur intérieure augmente notablement. En effet, à mesure que la température de l'air s'élève, la tension de la vapeur y augmente rapidement, et par conséquent l'évaporation s'active; dans de l'air très chaud qui n'est pas saturé d'humidité, la transpiration insensible, c'est-à-dire l'évaporation de l'eau, est donc plus abondante que dans l'air froid, et par cela même elle enlève à l'organisme plus de chaleur (2). Effets de l'évaporation.

Il y a là encore une de ces harmonies régulatrices qui sont

(1) Voyez tome II, page 515.

(2) D'après les lois qui régissent la transformation des liquides en vapeur, on pouvait prévoir que les choses devaient se passer ainsi dans l'économie animale, et les expériences de Delaroche et Berger prouvent que la théorie est en accord avec les faits. Ainsi, l'un de ces physiologistes perdit par évaporation, pendant un séjour de treize minutes dans une étuve :

50 gram.	à la température	de 40 à 42 degrés.
215	—	de 59 à 61
345	—	de 71 à 72

En deux minutes il perdit 220 grammes, quand la température de l'air ambiant était entre 86 et 87 degrés (a).

L'évaporation est beaucoup plus

(a) Delaroche, *Expériences sur les effets qu'une forte chaleur produit dans l'économie animale*, 1800, p. 48.

si remarquables dans les œuvres de la création, et qui sont pour tous les esprits droits un objet d'admiration.

Action de la chaleur sur les Animaux.

Effectivement, soit en raison de la coagulabilité des matières albuminoïdes qui jouent un rôle si important dans la constitution des tissus et des liquides de l'organisme, soit à cause de plusieurs autres circonstances dont l'examen nous entraînerait trop loin du sujet principal de cette Leçon, les Animaux ne peuvent continuer à vivre si la température de leur corps s'élève au-dessus d'une certaine limite, qui en général ne dépasse que de très peu le degré de chaleur auquel l'organisme se maintient naturellement chez l'Homme et les autres Vertébrés supérieurs (1). Aussi les eaux très chaudes ne sont-elles habitées par aucun Animal (2), et l'élévation de la température

grande dans l'air sec que dans l'air humide (*a*); mais quand ce fluide est chargé de vapeur d'eau, son action sur la peau provoque plus facilement la sueur, ce qui peut déterminer des pertes de poids plus considérables (*b*).

(1) J'aurai à revenir sur ce sujet en traitant de la contraction musculaire et des fonctions du système nerveux.

(2) Quelques voyageurs parlent de Poissons ou autres Animaux qui habiteraient dans des eaux thermales dont la température serait beaucoup plus élevée que celle du corps des Animaux ordinaires; mais leurs observations ne paraissent pas mériter confiance. Ainsi Sonnerat dit avoir vu, près de Manille, des Poissons dans une source thermale dont la chaleur aurait été entre 60 et 86 degrés (*c*); mais on sait aujourd'hui, par les observations plus précises de Marion de Procé, que dans les eaux en question le thermomètre ne marque pas plus de 36 degrés là où l'on voit des Animaux vivants (*d*). Dans un bassin de la fontaine de Hammam-Meskoutin, en Algérie, où l'on voit nager des Barbeaux, la température de l'eau est à 56 degrés près de la surface; mais vers la partie inférieure, dans les couches dont ces Animaux ne sortent pas, la température n'est que d'environ 40 degrés (*e*). J'ajouterai que M. Prinsep a vu des Poissons sup-

(*a*) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 217 et 385.

(*b*) Delaroche, *Op. cit.*, p. 49.

(*c*) Sonnerat, *Voyage à la Nouvelle-Guinée*, et *Voyage aux Indes orientales et à la Chine*.

(*d*) Marion de Procé, *Excursion au village de Los Bagnos, près de Manille* (*Journal de physique*, 1822, t. XCIV, p. 161).

(*e*) Tripier, *Observations sur les sources thermales de Hamman-Berda et Hammam-Meskoutin, situées entre Bône et Constantine* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1839, t. IX, p. 602).

atmosphérique qui, dans certaines régions du globe, résulte souvent de l'action des rayons solaires, serait promptement mortelle pour tous ces êtres, s'ils ne possédaient en eux les moyens nécessaires pour produire du froid : or, cette faculté, comme je viens de le dire, leur est donnée par la transpiration dont ils sont le siége (1). Sous ce rapport, leur corps ressemble à

porter une température de 40 degrés dans un réservoir à Calcutta (*a*), et que M. Cumberland estime à 44°,4 la chaleur d'une source thermale dans le Bengale, où des Animaux de la même classe vivent habituellement (*b*). Mais il est probable que cette dernière observation thermométrique n'était pas exacte ; car Spallanzani, qui a fait beaucoup d'expériences sur ce sujet, a vu que toujours les Grenouilles, les Insectes et les autres Animaux qu'il plongeait dans de l'eau à 42 ou 43 degrés y périssaient très promptement (*c*). William Edwards a constaté aussi que ces Animaux, ainsi que les Lézards, les Tortues et les Poissons, meurent presque instantanément lorsqu'on les plonge complétement dans de l'eau à 42 degrés (*d*). Enfin, tout récemment, M. Cl. Bernard (*e*) et M. Kühne ont vu que les Mammifères mouraient toujours quand la température de leur sang arrivait à environ 45 degrés. D'après ce dernier, la limite de la chaleur intérieure, compatible avec l'existence des Oiseaux, ne dépassait pas 48 degrés, et il suffirait de 34 degrés pour déterminer chez les Grenouilles un état tétanique du système musculaire qui entraîne la mort (*f*).

(1) Chacun sait que l'élévation de température déterminée par les rayons solaires suffit parfois pour nous donner la mort ; et jusqu'à l'époque où les navigateurs portugais, en poursuivant leurs découvertes sur la côte occidentale de l'Afrique, eurent franchi la ligne, on croyait généralement qu'à raison de cette circonstance la zone torride était inhabitable pour l'Homme. Vers le milieu du xv[e] siècle, on reconnut que cela n'était pas ; mais les médecins, parfois témoins d'accidents mortels produits par l'insolation, continuaient à penser que les Animaux ne pouvaient exister dans une atmosphère dont la température serait supérieure à celle de leur corps, et que la principale utilité de la respiration était le refroidissement dû à l'entrée de l'air frais dans les poumons. Quelques expériences faites sur les Animaux par Fahrenheit et Provoost, pour vérifier les vues de Boerhaave à ce sujet, vinrent à l'appui de cette opinion, car ces physiciens virent un Chien, un Chat et un Moi-

(*a*) Prinsep, voyez Cumberland, *Sur des Poissons trouvés dans une eau thermale à Poorée, au Bengale* (*Bibliothèque universelle de Genève*, 1839, t. XX, p. 204).

(*b*) Cumberland, *Op. cit.* (*Bibliothèque universelle de Genève*, 1839, t. XX, p. 204).

(*c*) Spallanzani, *Opuscules de physique animale*, t. I, p. 54 et 101.

(*d*) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 374.

(*e*) Cl. Bernard, *Leçons sur les liquides de l'organisme*, 1859, t. I, p. 51.

(*f*) Kühne, *Myologische Untersuchungen*, 1860, p. 173 et suiv.

Faculté de résister à une certaine élévation de température.

ces vases poreux appelés *alcarrazas*, dans lesquels on fait rafraîchir de l'eau en les exposant à un vent chaud ; et plus l'air qui les entoure leur enlève de la vapeur, plus ils perdent de la chaleur, et résistent aux causes d'échauffement auxquelles ils sont exposés. C'est de la sorte que l'Homme peut supporter pendant quelque temps l'influence d'une atmosphère dont la tempéra-

neau mourir en peu de minutes dans une étuve où la température était d'environ 63 degrés centigrades (*a*). Mais diverses observations faites par Lining à Charlestown, par Adanson au Sénégal, et par quelques autres auteurs, montrèrent que l'élévation de la température de l'air ambiant au-dessus de la chaleur du corps n'est pas nécessairement mortelle pour l'Homme (*b*). Gmelin fit remarquer aussi que dans les bains de vapeur employés journellement en Russie, la température s'élevait souvent à 43 et même à 47 degrés centigrades ; l'abbé Chappe y constata une température encore plus élevée (*c*), et, dans les expériences faites en 1754 par Deutze, on avait vu des Chiens supporter pendant un temps assez long une température extérieure de 42 ou 43 degrés, bien qu'ils aient péri quand la chaleur fut portée au delà de 44 degrés (*d*). Mais ce furent les observations de Tillet et Duhamel qui contribuèrent le plus à fixer l'opinion des physiologistes à ce sujet. En 1760, ces deux académiciens virent une femme entrer dans un four de boulanger, où la température était d'environ 132 degrés centigrades, et y rester douze minutes sans en être fortement incommodée (*e*). Bientôt après (en 1774), Blagden, Banks, Solander et Fordyce firent une série d'expériences sur le même sujet : un de ces savants supporta pendant quinze minutes une température qui s'éleva graduellement de 48°,3 à 54°,4 ; un autre put rester pendant sept minutes dans une étuve où l'air était à 99°,4 ; enfin, dans une circonstance particulière, le même physicien résista pendant huit minutes à une température de plus de 127 degrés (*f*). Dobson, de Liverpool, répéta ces expé-

(*a*) Boerhaave, *Elementa chemiæ*, t. I, p. 148.

(*b*) Lining, *Letter concerning the weather in South Carolina* (*Philos. Trans.*, 1748, p. 336).
— Adanson, *Histoire naturelle du Sénégal*, 1757, p. 81.
— Fl. Martin, *Letter*, etc. (*Philos. Trans.*, 1767, t. LVII, p. 218).
— Barker, *Account of some Thermometrical Notes made at Allahabad in the East Indies* (*Philos. Trans.*, 1775, t. LXV, p. 202).
— Mongo Park, *Premier voyage dans l'intérieur de l'Afrique*, t. I, p. 218, 234 et 248. — *Deuxième voyage*, p. 12, etc.
— Ouseley, *Travels in various countries of the East*, 1819.

(*c*) Gmelin, *Flora siberica*, 1747, t. I, p. LXXXI.
— Chappe, *Voyage en Sibérie*, 1768, t. I, p. 51.

(*d*) Boerhaave, *Elementa chemiæ*, t. I, p. 147 et suiv.

(*e*) Tillet, *Mémoire sur les degrés extraordinaires de chaleur auxquels l'Homme et les Animaux sont susceptibles de résister* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1764, p. 186).

(*f*) Blagden, *Experiments and Observations in an heated room* (*Philos. Trans.*, 1775, t. LXV, p. 111). — *Further Experiments and Observ. in an heated room* (*loc. cit.*, p. 484).

ture dépasse de beaucoup celle de son corps, et qu'on a vu des personnes pénétrer impunément dans des étuves où le thermomètre marquait plus de 100 degrés (1). Dans de l'air

riences, et arriva à des résultats analogues : ainsi un des hommes qu'il fit entrer dans une étuve chauffée à 106 degrés put y rester pendant dix minutes, et une autre personne y resta pendant vingt minutes exposée à une température de 98°,80 (*a*). Enfin, vers le commencement du siècle actuel, Berger et Delaroche firent une longue série d'expériences analogues, dans lesquelles ils constatèrent de nouveau que l'Homme peut vivre pendant un certain temps dans de l'air chauffé à plus de 100 degrés (*b*).

(1) En 1758, G. Ellis fit à ce sujet une observation importante. En se promenant à l'ombre d'un parasol par un temps très chaud, il vit le thermomètre qu'il tenait à la main monter à 105 degrés Fahrenheit (ou 40°,5 centigrades) sous l'influence de l'air ambiant, et descendre à 97 degrés Fahrenheit (ou 36°,1 centigrades) quand il l'appliquait contre son corps (*c*). En 1773, le célèbre physicien Franklin constata aussi, un jour d'été, que la température de son corps se maintenait au-dessous de celle de l'atmosphère, et il attribua cette circonstance à l'évaporation dont la surface de sa peau, couverte de sueur, était le siége (*d*). Changeux s'appliqua également à établir que la faculté de résister à l'influence de la chaleur extérieure, constatée par Blagden et par d'autres observateurs, dépendait essentiellement des effets de l'évaporation (*e*) ; tandis que Crawford, après avoir adopté d'abord une opinion analogue (*f*), crut pouvoir se rendre mieux compte des phénomènes en les attribuant en partie à une diminution dans la quantité de phlogistique dont le sang se chargerait quand la chaleur extérieure s'élève (*g*), hypothèse qui trouva crédit chez quelques physiologistes de l'époque, mais qui fut bientôt abandonnée. Blagden et ses collaborateurs constatèrent mieux que ne l'avaient fait leurs devanciers, que la température du corps humain reste à peu près constante, malgré l'élévation de celle de l'air ambiant, et ils reconnurent qu'on résiste plus aisément à la chaleur extérieure dans de l'air sec que dans de l'air humide ; mais tout en admettant que l'évaporation dont l'organisme est le siége pouvait contri-

(*a*) Dobson, *Experiments in an heated room* (*Philos. Trans.*, 1775, t. LXV, p. 403).

(*b*) Delaroche (de Genève), *Expériences sur les effets qu'une forte chaleur produit dans l'économie animale*, thèse. Paris, 1806, n° 11.

(*c*) G. Ellis, *An Account of the Heat of the weather in Georgia* (*Philos. Trans.*, 1758, t. L, p. 755).

(*d*) Franklin, *Lettre sur le rafraîchissement produit par l'évaporation* (*Journal de physique*, 1773, t. II, p. 453). — *Œuvres*, trad. par Dubourg, 1773, t. II, p. 191 et suiv.

(*e*) Changeux, *Doutes sur la puissance attribuée au corps animal de résister à des degrés de chaleur supérieurs à sa température* (*Journal de physique*, 1776, t. VII, p. 57).

(*f*) Crawford, *Expériences sur le pouvoir qu'ont les Animaux, dans certains cas, de produire du froid* (*Journal de physique*, 1782, t. XX, p. 451).

(*g*) Idem, *Experiments and Observations on animal Heat*, seconde édition, 1788, p. 186 et suiv.

saturé d'humidité ou dans de l'eau, il n'en serait pas de même, et l'équilibre de température s'établirait entre le corps vivant et le milieu ambiant avec d'autant plus de rapidité, que le premier offrirait plus de surface comparativement à sa masse. Les petits Animaux, par conséquent, doivent s'échauffer alors plus vite que ceux dont le corps est volumineux, et, toutes choses étant égales d'ailleurs, ils périssent plus tôt (1).

buer à la conservation de la fraîcheur du corps, ils continuèrent à attribuer principalement à la force vitale la faculté en question. Enfin la théorie de ce phénomène physique fut bien établie par les expériences nombreuses de Delaroche et Berger, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler (a).

(1) Ainsi, dans les anciennes expériences de Fahrenheit et Provoost, un Moineau mourut au bout de sept minutes dans une étuve où un Chien et un Chat purent vivre pendant vingt-huit minutes. Mais ce sont surtout les recherches de Berger et Delaroche qui firent bien voir les rapports qui existent entre le volume du corps et la faculté de résister à l'action échauffante de l'air extérieur.

Ainsi, dans une étuve où la température s'éleva de 57°,5 à 63°,7 centigrades, une Souris mourut au bout de trente-deux minutes.

Dans l'étuve chauffée entre 62 et 80 degrés, un Cochon d'Inde vécut une heure vingt-cinq minutes.

Un Anon resta pendant deux heures cinquante minutes dans une atmosphère d'où la température s'éleva progressivement de 60 degrés à environ 75 degrés, et quoique fort affaibli à la fin de l'expérience, il n'en mourut pas.

Des différences analogues furent constatées par ces physiologistes entre des Oiseaux de petite et de moyenne taille (b).

Beaucoup d'autres circonstances influent également sur la faculté de résister à l'élévation de la température : par exemple, la nature des téguments. Ainsi, quand la peau est protégée par des poils ou des plumes, qui sont des corps mauvais conducteurs de la chaleur et qui emprisonnent une couche d'air qui ne s'échauffe que lentement, la haute température de l'atmosphère ne produit pas l'élévation de la chaleur intérieure aussi promptement que lorsque la peau est nue et ne reste pas en contact avec une couche d'air rafraîchie par l'effet de l'évaporation de l'eau qui se dégage de l'organisme. C'est de la sorte qu'on se rend facilement compte de l'influence des vêtements et autres enveloppes dans les expériences de Tillet et de Blagden, et que l'on comprend comment les Arabes ont pris l'habitude de s'entourer d'un manteau de laine quand ils sont exposés à de grandes chaleurs, aussi bien

(a) Delaroche, *Expériences sur les effets qu'une forte chaleur produit dans l'économie animale*, 1806.

(b) Delaroche, *Op. cit.*, p. 22 et suiv.

Du reste, il ne faut pas croire que la compensation établie par l'évaporation soit complète, et que sous l'influence d'une atmosphère très chaude, le corps humain conserve sa température normale ; cette température s'élève notablement quand la différence entre la chaleur intérieure et celle de l'air ambiant devient forte (1), et c'est principalement à cause de cette augmentation dans la chaleur intérieure que les épreuves de ce genre ne peuvent être supportées longtemps sans des souffrances considérables et sans un grand danger pour la vie.

que s'ils avaient à se préserver du froid. Les expériences de William Edwards relatives à l'influence que l'agitation de l'air exerce sur la marche de la transpiration nous donnent la clef de ces phénomènes (*a*).

(1) Dans les expériences de Berger et Delaroche, un Cochon d'Inde dont la température était de 38 degrés lorsqu'on l'introduisit dans l'étuve, avait environ 44 degrés au moment de sa mort. Tous les Animaux sur lesquels portèrent les recherches de ces auteurs périrent lorsque la température de leur corps s'était élevée de 6 ou 7 degrés au-dessus de la chaleur normale. Un séjour de quelques minutes dans de l'air à 80 degrés fit monter de 5 degrés la température humaine prise dans la bouche (*b*).

Suivant Duhamel, les Charançons du blé résisteraient à une chaleur de près de 100 degrés centigrades (*c*); mais il résulte des expériences de M. Doyère que ni ces Animaux ni d'autres Insectes ne peuvent vivre quand la température de leur corps s'élève à 47 ou 48 degrés (*d*). Les œufs peuvent conserver leur vitalité tout en subissant l'action d'une chaleur un peu plus forte.

Lorsque le corps d'un Homme ou d'un Animal est plongé dans l'eau, l'élévation de la température du milieu ambiant détermine des effets analogues avec plus de rapidité, et en général la mort arrive très promptement quand cette température dépasse 45 degrés (*e*). On cite à ce sujet des expériences de Lemonnier, qui ne put supporter pendant plus de huit minutes l'immersion dans un bain d'eau thermale dont la température était de 44°,4 (*f*), et l'on peut consulter aussi les autres faits du même ordre réunis par Berger (*g*).

(*a*) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 90, 225, etc.

(*b*) Delaroche, *Op. cit.*, p. 21, 43, etc.

(*c*) Duhamel, *Traité de la conservation des grains* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1753, hist., p. 218).

(*d*) Doyère, *Recherches sur l'Alucite des céréales*, 1852, p. 49.

(*e*) Voyez ci-dessus, page 43, note.

(*f*) Lemonnier, *Examen de quelques fontaines minérales de la France* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1747, p. 259).

(*g*) Berger, *Op. cit.* (*Mém. de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, 1833, t. VI, p. 321).

Effets différents du froid sur les divers Animaux.

§ 7. — Le froid arrivé à un certain degré est également incompatible avec l'exercice des fonctions vitales, et lorsque la température du corps d'un être animé ou d'une plante descend au-dessous de cette limite, la mort, ou tout au moins un état d'inactivité complète ne tarde pas à survenir. Mais sous le rapport de la faculté de supporter un abaissement de température ou de résister à l'influence du froid, il existe chez les divers Animaux des différences très considérables et fort importantes à bien connaître.

Chez les uns, la faculté de produire de la chaleur est très faible, de sorte que la température propre de l'Animal ne peut s'élever que fort peu au-dessus de celle du milieu ambiant; mais la faculté de supporter le froid est en même temps très grande, et par conséquent l'abaissement de la température intérieure du corps, qui suit de près tout abaissement dans la température extérieure, est sans inconvénient grave pour l'individu qui l'éprouve : ses fonctions se ralentissent et il tombe dans un état d'engourdissement qui peut simuler la mort, mais qui est rarement mortel. Pour d'autres, au contraire, la vie s'arrête bientôt sans retour quand la chaleur intérieure diminue notablement (1). Mais en général la faculté de produire de la

(1) Ainsi, dans les expériences de W. Edwards sur de jeunes Oiseaux exposés à l'action de l'air froid, la mort arriva presque toujours quand la température du corps avait été abaissée d'environ 15 ou 16 degrés (a). Dans les recherches de Chossat sur les effets de l'inanition, la vie s'éteignit aussi quand le refroidissement du corps avait atteint à peu près la même limite. Chez un Pigeon, la température est descendue jusqu'à 18°,5, et dans dix-huit cas sur quarante et un elle est tombée au-dessous de 24 degrés : enfin, dans deux cas seulement, la mort est arrivée avant que la température de l'Animal fût descendue à 30 degrés. Or, dans toutes ces circonstances, c'est le refroidissement qui paraît avoir été la cause de la mort, car en réchauffant artificiellement l'Animal moribond, on pouvait presque toujours prolonger notablement son existence et lui rendre

(a) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie.*

chaleur est alors très grande et l'action du froid extérieur l'excite ; de sorte que, dans certaines limites au moins, l'abaissement de la température atmosphérique détermine une augmentation proportionnelle dans le développement de la chaleur animale.

Ainsi l'Homme, la plupart des autres Mammifères et les Oiseaux peuvent, dans les circonstances ordinaires, résister à un froid extérieur extrêmement intense, sans éprouver dans la température de l'intérieur de leur corps aucun changement bien notable (1). Des observations thermométriques faites par

son activité vitale de façon à le mettre en état de digérer des aliments et de se rétablir (a). Dans une autre partie de ces Leçons, je reviendrai sur les effets que l'abaissement de la température du corps produit sur le système nerveux, et ici je me bornerai à ajouter, comme preuve du ralentissement du mouvement vital qui l'accompagne, que dans cet état les Animaux à sang chaud résistent mieux à l'asphyxie que lorsque leur chaleur propre est normale (b).

(1) Il résulte des observations thermométriques de M. J. Davy et de quelques autres voyageurs, que la température du corps humain ne reste pas complétement stationnaire chez les personnes qui passent des climats tempérés dans les pays tropicaux ou dans les régions très froides ; mais les variations déterminées de la sorte sont peu considérables, et dépassent rarement un demi-degré ou 1 degré centigrade (c). Ainsi M. Reynaud, en observant les mêmes individus sous la zone torride où la température se maintient entre 26 degrés et 30°,8, puis dans une région tempérée où le thermomètre restait entre 12 et 17 degrés, trouva 37°,58 dans le premier cas et 37°,11 dans le second (d). Eydoux et Souleyet trouvèrent que les mêmes Hommes avaient au cap Horn, où la température atmosphérique était 0 degré, environ 1 degré de moins que dans l'Inde, où la température de l'air était de 40 degrés (e). Enfin M. Brown-Séquard, pendant un voyage de France à l'île Maurice, a fait des observations analogues et a constaté des différences un peu plus considérables.

(a) Chossat, *Recherches expérimentales sur l'inanition* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, t. VIII, p. 576, 593, etc.).

(b) Brown-Séquard, *Recherches expérimentales et cliniques sur quelques questions relatives à l'asphyxie* (*Journal de physiologie*, 1859, t. II, p. 97).

(c) J. Davy, *Obs. on the Temperature of Man and other Animals* (*Edinburgh philos. Journal*, 1826, et *Researches Anat. and Physiol.*, t. I, p. 161).

(d) Reynaud, *Dissertation sur la température humaine considérée sous les rapports des âges, des tempéraments, des races et des climats*, thèse. Paris, 1829.

(e) Blainville, *Rapport sur les résultats scientifiques du voyage de la Bonite* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1838, t. VI, p. 457). — *Voyage de la Bonite*, Zool., t. I, p. XXXI.

divers voyageurs dans les régions glacées du pôle nord nous montrent que beaucoup de ces Animaux à sang chaud peuvent conserver leur température normale lorsque celle de l'atmosphère est pendant des mois entiers à 50, 60 ou même 80 degrés plus bas. Le célèbre explorateur des mers arctiques, Parry, vit plus d'une fois le thermomètre marquer 39 ou 40 degrés dans l'intérieur du corps d'un Loup ou d'un Renard que les chasseurs venaient de tuer, quand la température de l'air était de 32 degrés ou même de 36 degrés au-dessous de zéro, et l'on doit des observations analogues au capitaine Back (1). Il est vrai que, dans les cas de ce genre, la déperdition de la chaleur animale est toujours ralentie par l'existence d'une fourrure épaisse, et que si la surface de la peau n'était protégée contre le contact du milieu réfrigérant par une enveloppe formée par quelque corps très mauvais conducteur du calo-

Ainsi, chez 8 personnes la température du corps s'est élevée, terme moyen, de 1°,27, en passant du 47° degré de latitude nord, où la température atmosphérique n'était que de 8 degrés, à l'équateur, où cette température était de 29°,5. En six semaines, ces mêmes individus ont ensuite perdu en moyenne 0°,67, en s'avançant vers le sud jusqu'à une latitude où l'air était à 16 degrés (a). Dans ce cas, de même que dans celui observé par Eydoux et Souleyet, la variation dans la chaleur animale a été plus grande sous l'influence de l'élévation de la température extérieure que lorsque l'on passait d'un climat chaud dans un climat froid.

Des variations dans la température du corps en rapport avec la température de l'air ont été constatées aussi chez les Pigeons par Letellier (b).

(1) Le capitaine Back trouva que la température propre de deux Lagopèdes de la baie d'Hudson était de 43°,3 centigrades, lorsque la température de l'atmosphère était dans un cas — 32°,8, et dans l'autre — 35°,8 ; par conséquent, la différence entre la température du corps et celle du milieu ambiant était de 76°,1 pour l'un de ces Animaux, et de 79°,1 pour l'autre (c).

(a) Brown-Séquard, *Recherches sur l'influence des changements de climat sur la chaleur animale* (*Journal de physiologie*, 1859, t. II, p. 549).

(b) Letellier, *Influence des températures extrêmes sur la production de l'acide carbonique dans la respiration des Animaux à sang chaud* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, 1845, t. XIII, p. 488).

(c) Back, *Narrative of the Arctic land Expedition to the mouth of the great Fish river*, 1836, p. 590.

rique, la température intérieure de l'organisme baisserait promptement, ainsi que cela a lieu chez l'Homme, quand il est plongé dans un bain d'eau glacée ou exposé à l'air froid sans être couvert de vêtements (1). Mais il n'en est pas moins vrai que le maintien d'une température de 30 à 40 degrés au-dessus de zéro, quand pendant des mois entiers tout est gelé dans la nature inanimée, suppose un développement de chaleur énorme dans l'intérieur de l'organisme vivant.

§ 8. — La faculté de produire de la chaleur est donc en réalité beaucoup plus grande chez tous ces Animaux qu'on ne le supposerait par l'observation de la température de leur corps dans les climats doux ou tropicaux, et la quantité de chaleur qu'ils développent varie beaucoup suivant les circonstances ; tandis que chez les Animaux à sang froid, où la température du corps varie avec celle du milieu ambiant, les différences dans la quantité de chaleur développée restent presque constantes ou s'abaissent sous l'influence du froid extérieur. Or, puisque la production de chaleur est une conséquence de la combustion physiologique, et que cette combustion est à son tour en rapport avec le degré d'activité de l'être qui en est le siége, nous pouvons conclure de ce fait que pour l'Homme et

(1) A l'occasion de la mort de plusieurs matelots qui, dans un naufrage sur les côtes de l'Angleterre, périrent de froid en quelques heures, Currie fit une série d'expériences intéressantes sur les effets produits par l'immersion dans un bain très froid. Dans la plupart des cas, l'eau employée était à environ 6 degrés, et un thermomètre placé sous la langue du sujet descendit promptement à 33 ou 34 degrés ; dans quelques circonstances, cet instrument ne marqua même que 28 ou 29 degrés : et ce grand refroidissement aurait été évidemment suivi d'accidents fort graves, si on ne l'avait combattu très promptement par l'application de couvertures chaudes, par des frictions et par d'autres moyens convenables (a).

(a) J. Currie, *An Account of the remarkable Effects of a shipwreck on the Mariners; with Experiments and Observations on the Influence of immersion in fresh and salt water, hot and cold, on the Powers of the living Body* (*Philos. Trans.*, 1792, p. 199).

les autres Animaux à sang chaud, l'influence d'un froid modéré doit être fortifiante, tandis que pour les Animaux à sang froid elle sera sédative.

Faculté productrice de la chaleur chez les jeunes Animaux.

Mais les recherches de mon frère William Edwards nous ont appris qu'il y a une distinction importante à établir à cet égard entre les Animaux nouveau-nés et ceux qui ont passé les premiers temps de la vie. Ainsi l'enfant, en arrivant au monde, ne possède encore qu'une faible faculté productrice de chaleur (1), et, sous ce rapport, il ressemble beaucoup à un Animal à sang froid, si ce n'est que l'abaissement de température intérieure dont ceux-ci ne souffrent pas est pour lui un danger considérable. Il en est de même pour beaucoup d'autres Mammifères, ainsi que pour un grand nombre d'Oiseaux qui, même en été, meurent de froid, s'ils sont abandonnés à eux-mêmes et ne reçoivent pas de leur mère, ou de quelque autre source calorifique, le complément de chaleur dont ils ont besoin pour maintenir leur corps à la température voulue (2). Les Mammifères

(1) W. Edwards fut le premier à établir une distinction entre la faculté de produire de la chaleur et la production effective de cet agent physique ; distinction qui est très importante, et sans laquelle il est impossible de bien comprendre les variations qu'il a observées dans la température du corps de l'Homme et de celui des Animaux (a).

(2) Lorsque les petits Chiens nouveau-nés sont à la mamelle, la température de leur corps est à peu près égale à celle de leur mère ; mais s'ils sont éloignés de celle-ci, et que la température de l'air ambiant ne soit que de 10 à 20 degrés, il suffit d'une heure ou deux pour qu'ils se refroidissent beaucoup. Ainsi, dans une des expériences faites par W. Edwards, un petit Chien de forte race, âgé de vingt-quatre heures, faisait monter le thermomètre à 37°,75 au moment où on le sépara de sa mère pour l'isoler dans une atmosphère dont la température était de 13 degrés. Au bout de dix minutes, sa température propre était descendue de plus de 2 degrés, et dans l'espace de trois heures l'abaissement fut de plus de 11 degrés. Un autre individu, dont la température initiale était de 36°,8, perdit plus de 18 degrés en quatre heures, et sa température propre n'était alors que de 5 ou 6 degrés au-dessus de celle de l'air. Dans une autre série d'expériences, des Chiens de même âge, mais de plus petite taille, placés

(a) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 182.

qui naissent les yeux fermés, tels que les Chiens et les Chats, ainsi que les Oiseaux qui quittent l'œuf avant d'avoir le corps couvert de duvet, sont particulièrement remarquables par leur peu d'aptitude à produire de la chaleur, et leur corps se refroidit avec une facilité extrême (1). L'abaissement de température qu'ils éprouvent ainsi provoque une réaction intérieure, et

dans des circonstances semblables, éprouvèrent en treize heures un abaissement de température égal à 22 degrés; ils étaient alors dans un état de faiblesse extrême : mais, placés devant le feu et enveloppés d'un linge, ils se réchauffèrent peu à peu ; en moins de cinq heures ils reprirent presque leur température primitive et parurent aussi bien portants qu'avant l'expérience (*a*). Chez les Chats nouveau-nés l'abaissement de la température propre du corps a lieu avec plus de rapidité (*b*), et chez les petits Lapins nouveau-nés la chaleur de l'animal descend presque au niveau de la température extrême en moins de trois heures (*c*). Lorsque ces divers Mammifères nouveau-nés sont protégés contre l'action de l'air froid par une enveloppe de laine ou de quelque autre corps mauvais conducteur de la chaleur, ils se refroidissent moins rapidement, mais leur température s'abaisse peu à peu, et au bout d'un certain temps descend aussi bas que dans les circonstances précédentes.

Des expériences faites par Holland montrent que même à l'âge de trois mois les Lapins résistent moins bien au froid extérieur qu'ils ne le font à l'âge adulte (*d*).

(1) Ainsi, dans une des expériences faites par W. Edwards, des petits Moineaux âgés de huit jours firent monter le thermomètre à 30 degrés au moment où on les retira de leur nid pour les isoler : la température de l'air était de 17 degrés ; et au bout d'une heure la température de leur corps n'était plus que de 19 degrés. Chez un de ces individus, la chaleur propre était même descendue à 18 degrés, et par conséquent n'était supérieure à celle de l'air ambiant que de 1 degré. Le même physiologiste constata des faits analogues chez beaucoup d'autres jeunes Oiseaux, même chez des Éperviers qui étaient presque aussi gros que des Pigeons. Il est aussi à noter que la différence qui existe sous le rapport de la résistance au refroidissement entre les jeunes Oiseaux et les adultes ne dépend pas seulement de ce que les premiers ont le corps nu et les seconds sont couverts de plumes. Un Moineau adulte dont toutes les plumes furent coupées conserva sa température ordinaire dans les circonstances thermo-

(*a*) W. Edwards, *Op. cit.*, p. 613.
(*b*) Idem, *ibid.*, p. 615.
(*c*) Idem, *ibid.*, p. 616.
(*d*) Holland, *An Experimental Inquiry into the laws which regulate the phenomena of Organic and Animal Life*, 1829, p. 130.

pendant quelque temps la combustion respiratoire augmente; mais les forces de l'organisme ne suffisent pas au maintien de ce travail physiologique, et bientôt la température intérieure s'abaisse de nouveau pour descendre plus bas que dans la première période du phénomène : sous l'influence du froid extérieur, de nouvelles oscillations se produisent, et il en résulte bientôt un état morbide des poumons ou d'autres organes qui détermine la mort (1). Les petits Mammifères qui naissent les yeux ouverts ont la faculté de produire plus de chaleur, et peuvent par conséquent mieux conserver leur température propre sous l'influence du froid extérieur (2); mais dans l'es-

métriques où les jeunes éprouvèrent l'abaissement de température indiqué ci-dessus (*a*).

(1) On doit à M. Flourens une série d'expériences très intéressantes sur les causes de la mort des jeunes Oiseaux de basse-cour qui se trouvent exposés au froid. Ce physiologiste a constaté qu'ils périssent par suite d'un état inflammatoire des poumons (*b*).

(2) Ainsi, les petits Cochons d'Inde, qui naissent les yeux ouverts et qui peuvent tout de suite courir pour chercher leur nourriture, conservent leur chaleur propre lorsqu'ils sont éloignés de leur mère et exposés à une température extérieure de 10 à 20 degrés. Les Chevreaux, les Poulains et beaucoup d'autres Mammifères sont dans le même cas. Mais ces jeunes Animaux n'ont cependant pas la faculté productrice de la chaleur aussi développée que les adultes, et ils résistent beaucoup moins que ceux-ci à l'action refroidissante d'un air dont la température est très basse. Ainsi, nous voyons, dans les expériences de W. Edwards, que sous l'influence d'une température extérieure de 0 degré, des Cochons d'Inde adultes ne présentèrent au bout d'une heure qu'une diminution de 2°,5 dans leur chaleur propre, tandis que des individus de la même espèce, mais âgés de quelques jours seulement, perdirent de 7 à 11 degrés (*c*).

Les Oiseaux qui, au moment de la sortie de l'œuf, sont en état de courir et de manger seuls, se trouvent dans les mêmes conditions que les Mammifères dont je viens de parler; ils peuvent produire assez de chaleur pour conserver la température propre des Animaux de leur espèce et nécessaire à l'exercice normal de leurs fonctions, lors même qu'ils sont soumis à l'action d'une température extérieure de 15 de-

(*a*) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 141, 238, 619 et suiv.
(*b*) Flourens, *Observations sur quelques maladies des Oiseaux* (*Ann. des sciences nat.*, 1829, t. XVIII, p. 63 et suiv.).
(*c*) W. Edwards, *Op. cit.*, p. 136 et 625.

pèce humaine cette faculté n'est encore que très imparfaitement développée pendant les premiers jours de la vie extra-utérine, et la statistique nous apprend que la mortalité des jeunes enfants est notablement augmentée pendant nos hivers, lorsqu'on expose ces frêles créatures à l'influence du froid. Chez ceux qui naissent avant terme, le pouvoir calorifique est encore plus faible, et, pour leur conserver la température indispensable à l'entretien de la vie, il est en général nécessaire d'avoir recours à des moyens artificiels (1). Les médecins et les législateurs n'accordent pas à ces faits toute l'attention qu'ils méritent; mais ils ont une grande importance pour l'hygiène publique, et je m'y arrêterais davantage, si le sujet spécial de mes études ne m'interdisait les digressions de ce genre (2).

Influence du froid sur la mortalité des enfants.

grés. Mais quand ils sont exposés à un froid de 9 degrés, et surtout de 4 ou 5 degrés, ils se refroidissent très rapidement (*a*).

(1) Les enfants, comme on le sait généralement, sont viables quand ils naissent à sept mois de la vie intra-utérine, mais à cette époque leur développement n'est encore que très incomplet, et, sous le rapport du sens de la vue, ils sont à peu près dans le même état que les petits Mammifères dont les yeux sont fermés au moment de la naissance; car la pupille est encore bouchée par une membrane, et ce caractère, sans avoir aucun rapport direct avec la caloricité, coïncide avec le faible degré de développement de la faculté de produire de la chaleur, qui fait ressembler les petits Chiens et les Chats nouveau-nés à des Animaux à sang froid. En effet, on sait que les enfants nés avant terme ne résistent pas aux causes de refroidissement auxquelles les enfants ordinaires peuvent être exposés sans inconvénient, et qu'ils ont besoin de chaleur artificielle (*b*). Sous le rapport de la faculté de développer de la chaleur, les enfants à terme sont dans un état intermédiaire entre celui des petits Mammifères dont il vient d'être question et les Mammifères adultes; ils ne se refroidissent pas aussi facilement que les premiers, mais ils sont loin de pouvoir maintenir une température intérieure constante aussi bien que les seconds.

(2) Il n'est peut-être aucun point de physiologie appliquée à l'hygiène sur lequel on ait eu des idées aussi erronées que celui qui est relatif à l'influence du froid sur les jeunes enfants. Dans l'espèce humaine, comme chez la plupart des Animaux des classes supérieures, l'instinct porte la mère à main-

(*a*) W. Edwards, *Op. cit.*, p. 144 et 633.
(*b*) W. Edwards, *Op. cit.*, p. 505.

Il est également à remarquer que par cela seul que les jeunes Animaux sont moins volumineux que ceux dont la croissance est terminée, ils doivent se refroidir plus facilement, et cette circonstance, jointe à leur moindre aptitude à produire

tenir autour du nouveau-né une température douce et à le soustraire autant que possible à l'action des vicissitudes atmosphériques; et cependant des auteurs célèbres ont considéré ces précautions comme étant non-seulement inutiles, mais même nuisibles aux jeunes enfants, et ont vanté les usages de quelques peuples qui, dit-on, plongent dans de l'eau souvent glacée les nouveau-nés, afin de fortifier leur constitution, et cela même dans les saisons les plus rigoureuses. Les belles expériences de mon frère auraient pu suffire pour faire justice de cette erreur dangereuse, et pour montrer que dans les premiers temps de la vie l'homme a besoin d'être préservé contre le froid extérieur. Mais afin de soumettre ce point de doctrine hygiénique à une nouvelle épreuve, et de chercher si l'on pouvait saisir quelques rapports entre la marche de la mortalité des enfants nouveau-nés et l'état thermométrique de l'atmosphère, nous fîmes, en 1829, M. Villermé et moi, une série de recherches statistiques dont il ne sera peut-être pas inutile de dire ici quelques mots. En comparant mois par mois le nombre des naissances et le nombre des décès d'enfants âgés de un jour à trois mois, nous trouvâmes que pour la totalité de la France la mortalité est la plus grande pendant la saison froide; qu'elle diminue beaucoup au printemps, et que cette diminution dans la proportion des décès a lieu plutôt dans nos départements méridionaux que dans ceux du Nord; enfin, que cette mortalité est plus forte quand le froid est rigoureux que lorsque l'hiver est doux. Nous en tirâmes cette conclusion, qu'en hiver il est mauvais d'exposer les enfants nouveau-nés au froid, et que les prescriptions législatives d'après lesquelles ils doivent être présentés à la mairie avant l'expiration du troisième jour qui suit la naissance, afin d'y faire constater leur état civil, est nuisible à l'hygiène publique (a).

Pour mettre mieux en lumière ce résultat, nous fîmes recueillir ensuite des documents comparatifs sur la marche de la mortalité des jeunes enfants mois par mois dans un certain nombre de communes où les habitations sont agglomérées autour de la mairie et dans d'autres où les habitations étant très éparses, le trajet à faire pour porter l'enfant de la maison paternelle au bureau de l'état civil est généralement plus long, et nous trouvâmes que, dans ces dernières conditions, sur 12 000 décès annuels d'enfants âgés de un à trente jours, le trimestre d'hiver (décembre, janvier et février) figurait, terme moyen, pour 1276 par mois, tandis que dans les communes où, en raison de

(a) Milne Edwards et Villermé, *De l'influence de la température sur la mortalité des enfants nouveau-nés* (*Mém. de la Société d'histoire naturelle de Paris*, t. V, p. 61).

de la chaleur, fait que la température de leur corps est en général un peu moins élevée que celle des adultes de la même espèce. Cela résulte d'un grand nombre d'observations thermométriques faites d'abord par William Edwards, puis par M. Despretz, et plus récemment par M. Roger (1).

l'agglomération des habitations autour de la mairie, le trajet à faire était court, le chiffre correspondant n'était que de 1168 (*a*).

L'augmentation de la mortalité des enfants nouveau-nés pendant la saison froide ressort également des recherches statistiques faites plus récemment en Belgique et en Suisse (*b*).

Depuis quelques années l'attention de l'administration a été appelée de nouveau sur la question du transport obligatoire des enfants nouveau-nés à la mairie (*c*), et aujourd'hui, quoiqu'il n'y ait eu à ce sujet aucun changement introduit dans la législation, on tolère souvent la déclaration de la naissance par témoins. Dans l'intérêt de l'hygiène publique, il est à espérer que cette modification sera adoptée d'une manière plus générale.

Comme preuve de la faible résistance que les enfants nouveau-nés opposent au refroidissement, je citerai aussi le fait suivant qui a été constaté par M. Bärensprung. Le bain tiède dans lequel on place ces petits êtres pendant quelques instants pour les laver aussitôt après leur sortie du sein de leur mère, suffit pour faire baisser la température de leur corps de 0°,90, terme moyen, et quelquefois même de 1°,6 centigrade (*d*).

(1) Avant la publication des recherches de mon frère, relativement à l'influence des agents physiques sur la vie, on pensait assez généralement que la température des enfants et des jeunes Animaux à sang chaud était un peu plus élevée que celle des adultes (*e*), mais ce physiologiste a constaté qu'il n'en est pas ainsi. Dans ses expériences sur les petits Chiens à la mamelle, il a trouvé que la tempéra-

(*a*) Milne Edwards, *Influence de la température sur la mortalité des jeunes enfants* (*l'Institut*, 1838, p. 388).

(*b*) Quetelet, *De l'influence des saisons sur l'Homme* (*Ann. d'hygiène publique*, 1832, t. VII, p. 364).

— Lombard, *De l'influence des saisons sur la mortalité à différents âges* (*Ann. d'hygiène publique*, 1833, t. X, p. 110).

(*c*) Loir, *Du service des actes de naissance en France et à l'étranger ; nécessité d'améliorer ce service* (*Compte rendu des séances de l'Académie des sciences morales et politiques*, 1845). — *De l'exécution de l'article 55 du Code civil relatif à la constatation des naissances* (*Revue du droit français et étranger*, 1846, t. III). — *Du baptême, considéré dans ses rapports avec l'état civil et l'hygiène publique* (loc. cit., 1849, t. VI). — *De l'état civil des nouveau-nés au point de vue de l'histoire, de l'hygiène et de la loi*, in-8, 1854.

— H. Royer-Collard, *Rapport* (*Bulletin de l'Acad. de médecine*, t. XV, p. 554).

(*d*) Bärensprung, *Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse des Fœtus und des erwachsenen Menschen* (*Müller's Archiv für Anat. und Physiol.*, 1851, p. 139).

(*e*) Burdach, *Traité de physiologie*, t. IX, p. 631.

— Holland, *An experimental Inquiry into Laws which regulate the Phenomena of Organic Life*, 1829, p. 124.

Animaux hibernants.

§ 9. — En général, on réunit indistinctement sous le nom d'*Animaux à sang chaud* tous les Mammifères, ainsi que les Oiseaux, parce que dans les circonstances ordinaires la température de leur corps est notablement supérieure à celle de l'atmosphère ; mais tous n'ont pas comme l'Homme, le Chien

ture de ces Animaux était de 1 à 2 degrés inférieurs à celle des corps de leur mère, et en comparant la chaleur propre des enfants nouveau-nés à celle des hommes adultes, il trouva en moyenne dans l'aisselle 34°,85 pour les premiers, et 36°,12 pour les seconds. Chez un enfant né avant terme (à sept mois), mais paraissant bien portant, et âgé seulement de deux ou trois heures, il trouva seulement 32 degrés, en plaçant également le thermomètre dans le creux de l'aisselle (*a*).

M. Despretz trouva en moyenne 37°,14 chez neuf Hommes âgés de trente ans, et seulement 35°,06 chez trois enfants d'un à trois jours (*b*).

Les observations thermométriques faites par M. Roger sont beaucoup plus nombreuses, mais donnent des résultats analogues ; elles font voir aussi que dans les premiers temps de la vie humaine les variations de température sont beaucoup plus considérables qu'à un âge plus avancé.

Chez des enfants nés depuis moins d'une demi-heure, ce physiologiste trouva pour la température moyenne du creux de l'aisselle 36°,14, et chez 33 enfants âgés d'un à sept jours la température maximum était 39°,0, tandis que le minimum était 30 degrés ; enfin, la moyenne était 37°,08.

Chez 13 enfants âgés de quatre à six mois, les extrêmes étaient 37°,75 et 36°,75 ; la moyenne, 37°,11.

Enfin, chez 12 enfants âgés de six à quatorze ans, les extrêmes étaient, d'une part 37°,75, et d'autre part 37°,0 ; la moyenne, 37°,31 (*c*).

J'ajouterai que, d'après M. Mignot, la température des nouveau-nés serait un peu plus élevée. En effet, chez 13 enfants âgés de trois à cinq jours et placés dans une chambre où l'air était à 15 ou 16 degrés centigrades, il a trouvé que la température du corps prise sous l'aisselle ne variait qu'entre 37°,3 et 38°,1 (*d*). Enfin, dans une série d'observations faites avec beaucoup de soin par M. F. von Bärensprung, la température des enfants nouveau-nés fut trouvée presque la même que celle de la mère prise dans le vagin avant l'accouchement ; en moyenne, la différence n'était que de 0°,07 (*e*).

(*a*) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 133, 235 et 236.

(*b*) Despretz, *Recherches expérimentales sur les causes de la chaleur animale* (*Ann. de chimie et de physique*, 1824, t. XXVI, p. 338).

(*c*) Roger, *De la température chez les enfants*, 1844 (*Archives générales de médecine*, 4e série, 1845, t. V, p. 290).

(*d*) Mignot, *Recherches sur les phénomènes normaux et morbides de la circulation, de la caloricité et de la respiration chez les nouveau-nés*, thèse. Paris, 1851, p. 9.

(*e*) Bärensprung, *Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse des Fœtus und des erwachsenen Menschen im gesunden und kranken Zustande* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1851, p. 130).

ou le Cheval, une température à peu près constante, et parmi les Mammifères il en est un certain nombre qui, tout en étant aptes à produire plus de chaleur que ne saurait le faire un Reptile ou un Poisson, ressemblent jusqu'à un certain point aux Animaux à sang froid, car leur corps se refroidit facilement, et ils supportent sans inconvénient un abaissement de température qui serait mortel pour la plupart des Animaux supérieurs, et qui détermine seulement chez eux un état de torpeur. On les désigne sous le nom d'*Animaux hibernants*, parce que durant l'hiver ils restent plongés dans une sorte de léthargie ou de sommeil profond. Le froid engourdit de la même manière beaucoup d'Animaux inférieurs, et il est un grand nombre d'Insectes et de Mollusques, aussi bien que des Reptiles, des Batraciens et des Poissons, qui passent ainsi la totalité de la saison froide dans un état d'inactivité complète, durant laquelle toutes les fonctions sont suspendues ou du moins très ralenties (1); mais c'est chez les Mammifères hibernants que

(1) Quelques Mollusques conservent leur activité à des températures très basses : ainsi, on voit souvent des Limnées et des Planorbes qui nagent dans de l'eau recouverte d'une couche épaisse de glace, et dont la température, par conséquent, ne peut s'élever guère au-dessus de zéro (a). Mais la plupart des Animaux de cet embranchement s'engourdissent au commencement de la saison froide, et restent dans un état de torpeur jusqu'au printemps. Quelquefois ce sommeil hivernal dure pendant la plus grande partie de l'année. Ainsi, on rencontre la *Vitrina diaphana* dans les Pyrénées, blottie sous les pierres, à des hauteurs où la neige couvre la terre pendant neuf à dix mois (b).

Les Colimaçons, aux premiers froids de l'hiver, cessent de manger et se cachent dans la mousse ou dans des trous creusés en terre, puis se blottissent dans leur coquille. En général, ils font alors suinter du bord de leur manteau une matière blanchâtre plus ou moins riche en carbonate de chaux, qui, en se solidifiant, constitue une sorte d'oper-

(a) Picard et Garnier, *Histoire des Mollusques terrestres et fluviatiles qui vivent dans le département de la Somme* (*Bulletin de la Société linnéenne du Nord de la France*, Abbeville, 1840, t. I, p. 278).

(b) Charpentier, *Catalogue des Mollusques terrestres et fluviatiles de la Suisse* (*Nouveaux Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*, 1837, t. I, p. 4).

— Moquin-Tandon, *Histoire naturelle des Mollusques terrestres et fluviatiles de France*, t. I, p. 115.

ce phénomène est le plus remarquable, parce que, sous l'influence excitante de la chaleur, ces êtres se raniment non-seulement de façon à pouvoir exécuter des mouvements plus

cule temporaire nommé *épiphragme*, et bouche complétement l'entrée de leur coquille ; puis l'animal se contracte encore davantage, de façon à laisser entre cette cloison et son pied un certain espace qu'il remplit avec l'air chassé de son poumon. Il reste ensuite dans un état de torpeur profonde. Ce repos hivernal a été signalé par Aristote (*a*), et Dioscoride parle de l'opercule que ces Animaux forment pour fermer leur coquille (*b*). Spallanzani a constaté que leur respiration devient alors presque nulle, mais que leur sommeil est peu profond, en sorte que d'ordinaire il suffit de casser leur épiphragme, et de les irriter mécaniquement, pour les faire sortir de leur coquille, et se mettre en mouvement (*c*). Quand la température est très basse, leur cœur cesse de battre (*d*). Il est cependant probable que, malgré cet état de torpeur, ils continuent à produire un peu de chaleur, car ils résistent pendant quelque temps à un froid très vif, et il faut les soumettre à l'action d'une température de 7 ou 8 degrés au-dessous de zéro pour déterminer la congélation de leur corps (*e*). Des faits analogues ont été observés chez plusieurs autres Mollusques (*f*).

Beaucoup d'Insectes qui passent l'hiver à l'état adulte s'engourdissent, et restent dans une léthargie plus ou moins profonde pendant toute la saison froide (*g*). Mais c'est à tort que les entomologistes supposent qu'il doive en être ainsi pour la plupart des espèces xylophages, qui passent l'hiver dans le tronc des arbres, car là la température est rarement assez basse pour produire un semblable sommeil hivernal. Les Fourmis tombent en torpeur à 2 ou 3 degrés au-dessous de zéro (*h*). Les Abeilles s'engourdissent et paraissent mortes quand leur température descend à 5 ou 6 degrés centigrades, et elles ne résistent que fort peu de temps aux effets ainsi produits (*i*) ; mais, lorsque ces Ani-

(*a*) Aristote, *Histoire naturelle des Animaux*, trad. de Camus, liv. VIII, t. I, p. 495.
(*b*) Dioscoride, *De materia medica*, lib. II, cap. VIII.
(*c*) Spallanzani, *Mémoire sur la respiration*, p. 128 et suiv.
(*d*) Lister, *Exercitatio anatomica in qua de Cochleis, maxime terrestribus, et Limacibus agitur*, 1694.
(*e*) Gaspard, *Mém. physiologique sur le Colimaçon* (*Journal de physiologie* de Magendie, 1822, t. II, p. 315).
(*f*) Joly, *Note sur des* Anodonta cycnea *et des* Paludina vivipara *qui ont résisté à la congélation* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1845, t. III, p. 373).
— Moquin-Tandon, *Op. cit.*, p. 115.
(*g*) Schmid, *Ueber die Winteraufenthalt der Käfer* (*Illiger Magazin für Insectenkunde*, 1802, t. I, p. 209).
— Suckow, *Ueber den Winterschlaf der Insecten* (Heusinger's *Zeitschrift*, 1827, t. I, p. 597).
— Kirley and Spence, *Op. cit.*, t. II, p. 437 et suiv.
— Burmeister, *Handbuch der Entomologie*, t. I, p. 626 et suiv.
— Newport, *On the Temperature of Insects* (*Philos. Trans.*, 1837, p. 275).
(*h*) Huber fils, *Recherches sur les mœurs des Fourmis*, p. 202.
(*i*) Réaumur, *Op. cit.*, t. V, p. 676.
— J. Huber, *Nouvelles observations sur les Abeilles*, t. II, p. 324.

oins rapides et à jouir de la plénitude des facultés animales, aussi à produire beaucoup de chaleur et à avoir une érature propre qui dépasse de beaucoup celle du milieu s vivent d'ordinaire (1).

rtains Oiseaux, ainsi que divers Mammifères, appartien- à la catégorie des Animaux hibernants; mais il existe

sont réunis en grand nombre leur ruche, ils produisent assez leur pour maintenir la tempéra- nécessaire à l'exercice de leurs ns.

me exemple d'Insectes capables server leur activité à de très températures, je citerai le *Po- nivalis*, qui court avec agilité neige. Une espèce de cette fa- (le *Desoria glacialis*) vit en s nombreuses sur les glaciers uisse (a).

Les Mammifères chez lesquels le eil hivernal est le plus profond, alentissement des fonctions nu- s est porté le plus loin durant t de torpeur, sont, les uns de Insectivores, tels que les Chauves- et les Hérissons, les autres des urs qui se nourrissent principa- t de fruits ou de grains, et qui nt sous des climats rigoureux à de l'élévation des lieux ou de oignement des régions tropicales: emple, la Marmotte des Alpes, ir, le Lérot, le Muscardin et le er de l'Europe septentrionale. cureuils, le Porc-Épic et plusieurs autres Animaux du même ordre hibernent aussi; mais tous les Rongeurs des pays froids ne sont pas dans ce cas, les Lemmings, par exemple. Quelques grands Mammifères qui se nourrissent principalement de fruits, et qui habitent les montagnes où le froid est long et rigoureux, présentent des phénomènes du même ordre. Ainsi l'Ours brun et le Blaireau restent endormis dans leur tanière pendant presque tout l'hiver, mais leur sommeil est beaucoup moins profond que celui des petits Mammifères dont je viens de parler. L'Ours polaire, qui est essentiellement carnassier, ne s'engourdit pas de la sorte.

Buffon considérait les Mammifères hibernants comme des Animaux à sang froid, et pensait que la température interne de leur corps était toujours à peu près la même que celle de l'atmosphère (b). Mais il était dans l'erreur, et Spallanzani fit voir que la chaleur propre de ces Mammifères est souvent de 15 à 20 degrés au-dessus de la température de l'air, lorsque celle-ci est assez élevée pour qu'ils restent éveillés (c). Hunter trouva aussi

icolet, *Recherches pour servir à l'histoire des Podurelles*, p. 53 (*Nouveaux Mémoires de té helvétique des sciences naturelles*, 1841, t. VI).
uffon, *Histoire naturelle des Quadrupèdes*, art. Loir (*Œuvres*, édit. de Verdière, t. XX,

pallanzani, *Opuscules de physique animale et végétale*, t. I, p. 110.
ertet, *Observations sur le sommeil léthargique du Muscardin* (*Ann. de la Société d'agri- de Lyon*, 1844, t. VII).

parmi ces êtres beaucoup de degrés sous le rapport de la faculté de résister à l'abaissement de température et quant à l'intensité de l'état léthargique déterminé par le froid. Ainsi, chez les uns, la faculté de produire de la chaleur est assez grande pour qu'en hiver la température du corps ne

que le thermomètre marquait 27°,5 dans l'intérieur de l'abdomen d'un Loir en activité, bien que la température de l'air ambiant ne fût que de 17°,7 (*a*). Des faits du même ordre ont été constatés par Mangili, Prunelle, Saissey, M. J. Davy, M. Regnault, et plusieurs autres expérimentateurs (*b*). Ainsi, dans quelques-unes des observations de M. Regnault, quand la température extérieure était comprise entre 10 et 15 degrés, la chaleur animale de la Marmotte, observée dans le rectum, était de 32 à 35 degrés.

Dans les expériences de Saissey, la température du corps de la Chauve-Souris ne s'est jamais élevée au-dessus de 31 degrés centigrades (*c*).

Ce n'est pas seulement en hiver que les Mammifères hibernants s'engourdissent ; toutes les fois qu'on les soumet pendant un certain temps à l'influence d'une basse température, leur corps se refroidit, et ce refroidissement amène à sa suite l'état de torpeur. Ainsi Pallas a déterminé le sommeil léthargique chez des Marmottes, en les plaçant dans une glacière pendant l'été, et Saissey a obtenu par le même moyen un résultat analogue dans ses expériences sur des Hérissons et des Loirs.

La température à laquelle l'état de torpeur se déclare, varie suivant les espèces, et l'on peut conclure de là que la faculté productrice de la chaleur n'est pas également faible chez tous ces Animaux. Ainsi, Berthold a vu des Muscardins s'engourdir de la sorte dans une chambre où l'air était entre 10 et 17 degrés. D'après Saissey, le Hérisson et les Chauves-Souris tombent en léthargie quand la température du milieu ambiant est de 6 ou 7 degrés,

(*a*) Hunter, *Expériences et observations sur la faculté dont jouissent les Animaux de produire de la chaleur* (*Œuvres*, t. IV, p. 215).

(*b*) Mangili, *Saggio d'osservazioni per servire alla storia dei Mammiferi soggetti a periodico letargo*. Milano, 1807. — *Mémoire sur la léthargie des Marmottes* (*Ann. du Muséum*, 1807, t. IX, p. 106). — *Sur la léthargie périodique de quelques Mammifères* (*Op. cit.*, t. X, p. 434).

— Saissey, *Recherches expérimentales anatomiques, chimiques, etc., sur la physique des Animaux mammifères hibernants*, 1808.

— Prunelle, *Recherches sur les phénomènes et sur les causes du sommeil hivernal de quelques Mammifères* (*Ann. du Muséum*, t. XVIII, p. 20 et 302).

— Berger, *Expériences et remarques sur quelques Animaux qui s'engourdissent pendant la saison froide* (*Mém. du Muséum*, 1828, t. XVI, p. 201).

— Marshall-Hall, *On Hybernation* (*Philos. Trans.*, 1832, p. 335).

— Gmelin, *Ueber den Winterschlaf* (inaug. dissert.). Tubingen, 1839.

— Regnault et Reiset, *Recherches chimiques sur la respiration des Animaux* (*Ann. de chimie et de physique*, 3ᵉ série, 1849, t. XXVI, p. 429 et suiv.).

— Valentin, *Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafen der Murmelthiere* (Moleschott's *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, 1857, t. I, p. 206 ; t. II, p. 1 et suiv.).

(*c*) Saissey, *Op. cit.*, p. 10.

s'abaisse pas beaucoup, et que le sommeil qui accompagne ce refroidissement ne soit pas très profond ; tandis que chez d'autres, cette faculté s'affaiblit rapidement sous l'influence d'une basse température, et que le refroidissement du corps amène une suspension presque complète de tout travail physiologique (1).

Les Animaux hibernants nous offrent un nouvel exemple des harmonies de la création dont tout naturaliste doit être si souvent frappé. Les Mammifères qui présentent cette particularité physiologique sont seulement ceux qui se nourrissent d'Insectes, de fruits ou d'autres substances analogues, et qui sont destinés à habiter les pays où pendant l'hiver ils ne pourraient trouver aucun des aliments dont ils ont besoin. Mais cette privation ne leur nuit pas, car le froid, qui fait disparaître de la surface de la terre les Animaux et les produits végétaux qui leur conviennent, les plonge dans un état de torpeur pendant lequel tous les besoins du travail nutritif deviennent presque nuls : ils restent alors cachés dans quelque réduit

et le Lérot s'endort de la même manière sous l'influence d'un froid de 4 ou 5 degrés au-dessus de zéro. Le sommeil hivernal de la Marmotte ne se déclare pas sitôt ; pour le produire, il faut d'ordinaire un froid de 6 degrés au-dessous de zéro.

(1) D'après Bruguière, le Tenrec de Madagascar tomberait en léthargie pendant la saison chaude, mais il paraît que c'est au contraire pendant les mois où la température est le plus basse que ces petits Animaux s'engourdissent (*a*).

Je ne parle pas ici des hypothèses qui ont été hasardées pour expliquer la cause des particularités physiologiques que présentent les Animaux hibernants, car aucune d'elles ne peut être considérée comme satisfaisante (*b*).

(*a*) Desjardins, *Note sur le Tenrec* (*Ann. des sciences nat.*, 1830, t. XX, p. 179).
— Coquerel, *Note sur les habitudes des Tenrecs* (*Revue zoologique*, 1848, p. 33).
— Telfair, *Letter* (*Proceedings of the Committee of the Zoological Society*, 1831, part. 1, p. 89).
— Brown-Séquard, *On the causes of the Torpidity of the Tenrec* (*Experimental Researches applied to Physiology and Pathology*, 1853, p. 25).

(*b*) Pastre, *De la cause de l'hibernation chez les Animaux dormeurs* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1829, t. XIV, p. 661).
— Otto, *De Animalium quorumdam per hyemem dormientium vasis cephalicis et aure interna* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XIII, p. 23 ; — *Ann. des sciences nat.*, 1827, t. XI, p. 70).

bien abrité ; leur circulation se ralentit beaucoup ; leur respiration, sans cesser complétement, diminue de façon que la combustion vitale devienne extrêmement faible, et que la graisse emmagasinée dans leur corps suffise pour l'entretenir. Les Oiseaux ne possèdent que fort rarement la faculté de dormir d'un sommeil profond pendant toute la durée de nos longs hivers ; mais la Nature pourvoit autrement à leur conservation en donnant à plusieurs d'entre eux l'instinct de l'émigration, qui les conduit dans des climats où la nourriture ne leur fait pas défaut (1). Dans la suite de ce cours, nous aurons à revenir sur la considération de ces faits remar-

(1) Les Hirondelles, comme on le sait, quittent nos contrées aux approches de la saison froide, et il paraît indubitable qu'en général elles émigrent alors vers les parties chaudes de l'Afrique ; mais quelques espèces de ce genre, telles que l'Hirondelle de rivage et l'Hirondelle de fenêtre, paraissent être susceptibles de passer la mauvaise saison cachées dans des trous et plongées dans un état de léthargie. Un naturaliste de Suède, Olaüs Magnus, a prétendu que dans le Nord, ces Oiseaux passaient l'hiver sous l'eau, pelotonnés en groupes serrés, et cette assertion a été répétée par plusieurs auteurs ; mais, dans l'état actuel de la science, elle n'est pas admissible (a). D'après le témoignage de divers observateurs, des Hirondelles se trouvent parfois, pendant l'hiver, dans des anfractuosités de rochers ou dans d'autres retraites, et y restent profondément engourdies. On cite plusieurs exemples de ce genre, et l'on a vu les Hirondelles engourdies par le froid reprendre leur activité quand on les eut réchauffées (b). Il est même possible que lorsqu'elles sont dans cette espèce de léthargie, elles puissent résister pendant un certain temps à l'asphyxie, et ne pas se noyer aussi vite que d'ordinaire. Du reste, l'action sédative du froid ne paraît pouvoir se faire sentir sur ces animaux qu'à la longue ; car Spallanzani, en soumettant ces Hirondelles à une très basse température pendant plusieurs heures, ne parvint pas à les endormir (c).

(a) Olaüs Magnus, *Histoire des pays septentrionaux*, 1561, p. 217.

(b) Achard, *Remarks on Swallows on the Rhine* (*Philos. Trans.*, 1763, t. LV, p. 101).

— Chatelux, *Voyage dans l'Amérique septentrionale*, t. II, p. 329.

— Pallas, *Voyage dans plusieurs provinces de l'empire de Russie*, t. II, p. 409 (édit. de Lamarck).

— C. Smith, *Facts in regard to the Hybernation of the chimney Swallow* (*New Philosophical Journal*, 1827, t. III, p. 231).

— Dutrochet, *Hivernation des Hirondelles* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1838, t. VI, p. 673).

(c) Spallanzani, *Voyage en Sicile*, t. VI, p. 13 et suiv.

quables ; mais je ne pouvais passer à côté d'eux sans les signaler.

Résumé des différen[ces] dans la fac[ulté] de produi[re] de la chale[ur]

Sous le rapport de la faculté de produire la chaleur et de supporter le froid, il y a donc quatre catégories principales à établir :

1° Les Animaux à sang chaud et à température constante, qui produisent beaucoup de chaleur, et qui, sous l'influence d'un froid modéré, augmentent cette production de façon à conserver une température propre qui ne varie que peu.

2° Les Animaux à sang chaud et à température variable, qui ne sont pas aptes à produire assez de chaleur pour résister à des causes de refroidissement d'une puissance médiocre, mais qui ne sont pas organisés pour supporter un abaissement notable de température intérieure, et qui périssent promptement quand la température du milieu ambiant s'abaisse beaucoup.

3° Les Animaux à sang chaud et à température essentiellement variable, qui se refroidissent très facilement, et pour lesquels ce refroidissement occasionne un ralentissement dans les fonctions vitales sans être une cause de mort, c'est-à-dire les Animaux hibernants.

4° Les Animaux à sang froid, qui ne produisent pas assez de chaleur pour avoir dans les circonstances ordinaires une température propre qui s'élève beaucoup au-dessus de celle du milieu ambiant, et qui supportent sans inconvénient un refroidissement considérable, soit en s'engourdissant, soit en conservant la plénitude de leur activité vitale.

Tous les Animaux invertébrés, de même que les Poissons, les Batraciens et les Reptiles, appartiennent à cette dernière catégorie, et beaucoup d'entre eux conservent une grande activité lorsque la température intérieure de leur corps ne s'élève que fort peu au-dessus de celle de la glace fondante. Beaucoup de Poissons sont dans ce cas, et, ainsi que nous le verrons plus tard, c'est pendant qu'ils subissent ainsi l'influence du froid

que fort souvent ils vaquent aux fonctions de la reproduction. D'autres s'engourdissent quand la température de leur corps s'abaisse de la sorte, et il en est qui peuvent alors supporter la congélation sans périr (1).

Nos connaissances sont encore très incomplètes au sujet des

(1) Chez les Animaux à sang chaud, la congélation, même partielle du corps, est en général suivie de la mort des parties dont les liquides ont été solidifiés de la sorte (*a*) ; mais dans quelques cas on a vu certaines portions de l'organisme revenir à la vie et reprendre leur état ordinaire après avoir été complétement gelées. Hunter a constaté des faits de ce genre chez des Lapins dont il avait gelé une oreille en la maintenant pendant une heure dans un mélange réfrigérant, et chez des Coqs dont il congela de la même manière la crête et les barbillons (*b*).

Les Animaux à sang froid résistent mieux aux effets de la congélation, et un grand nombre d'entre eux peuvent continuer à vivre après que la totalité de leur corps a été solidifiée par le froid.

Ainsi Lister a vu des Chenilles reprendre le mouvement après avoir été congelées (*c*), et Réaumur a constaté que les larves du *Bombyx pityocampa* peuvent supporter sans périr un froid de plus de 24 degrés au-dessous de zéro (*d*). Bonnet fit des observations analogues sur des Chrysalides du *Pontia Brassicæ*, et Steikers obtint le même résultat dans des expériences sur la congélation de quelques larves de Tipules (*e*). Je citerai également ici des recherches sur la congélation des Podurelles, faites par M. Nicollet (*f*) ; mais une des expériences les plus remarquables à ce sujet est due au capitaine Ross. Ce voyageur plaça 30 Chenilles dans une boîte, qu'il exposa quatre fois de suite pendant une semaine à une température de — 42 degrés environ. A chaque exposition elles devinrent roides et furent congelées ; cependant ,a rès la première exposition, toutes revinrent à la vie quand on les ramena dans une chambre chaude ; 23 survécurent à la seconde congélation, 11 restèrent à la troisième épreuve, et 2 purent être rappelées à la vie après la quatrième congélation (*g*). M. Joly (de Toulouse) a constaté aussi que des Paludines et des Anodontes ont pu être pris dans un bloc de glace, dont la température était descendue jusqu'à 5 degrés au-dessous de zéro sans périr, ni

(*a*) Au sujet des effets du froid sur le corps humain, je renverrai à l'article CONGÉLATION du *Compendium de chirurgie pratique* par Bérard et Denonvilliers, t. I, p. 380 et suiv.

(*b*) Hunter, *Traité du sang, etc.* (*Œuvres*, t. III, p. 131).

(*c*) Lister, *Goedartius, De insectis*, 1685, p. 76.

(*d*) Réaumur, *Mém. pour servir à l'histoire naturelle des Insectes*, t. II, p. 142.

(*e*) Kirby et Spence, *An Introduction to Entomology*, t. II, p. 453.

(*f*) Ross, *Effet d'un froid intense sur des Chenilles* (*Bibliothèque universelle de Genève*, nouv. série, t. III, p. 423).

(*g*) Nicolet, *Recherches pour servir à l'histoire naturelle des Podurelles*, p. 12 (*Nouveaux Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*, 1841).

Animaux à sang chaud dont la faculté calorifique est faible; j'ai déjà dit que beaucoup de Mammifères et d'Oiseaux nouveau-nés présentent ces caractères, mais en général cela est de peu de durée, et longtemps avant l'âge adulte la température du corps devient fixe (1). Il me paraît probable cependant que

même paraître souffrir de cette congélation (*a*).

Les œufs de quelques Insectes résistent aux effets de la congélation, et peuvent même supporter l'action d'un froid très intense. Ainsi Spallanzani a constaté l'éclosion d'œufs de Vers à soie qui avaient été exposés à — 30 degrés (*b*), et plus récemment Bonafous a fait des expériences analogues (*c*).

Hunter a constaté que les Crapauds peuvent supporter la congélation sans périr (*d*). Pendant un voyage en Islande, Gaimard a observé des faits analogues. Par l'action du froid, les Crapauds sur lesquels il expérimenta devenaient roides, cassants, et ne laissaient pas échapper une goutte de sang quand il les brisait; cependant, en les dégelant dans de l'eau tiède, il les fit revenir à la vie. Dans ces cas la congélation s'était faite lentement; mais quand elle était rapide, elle déterminait toujours la mort. En répétant ces expériences sur des Grenouilles, Gaimard ne put conserver vivants les Animaux dont le corps avait été gelé (*e*); mais M. Auguste Duméril a constaté que la mort n'est pas toujours une conséquence de la congélation du corps de ces Batraciens (*f*); le même fait a été observé chez le Triton (*g*).

Plusieurs auteurs parlent aussi de la reviviscence de Poissons dont le corps avait été roidi par la congélation (*h*).

(1) W. Edwards a trouvé que les jeunes Chiens et Chats résistent d'autant mieux au refroidissement, qu'ils sont plus éloignés du moment de la naissance, et que vers l'âge de quinze jours ils se comportent sous ce rapport à peu près comme les adultes, quand la température extérieure est moyenne (*i*).

(*a*) Joly, *Note sur des* Anodonta cycnea *et des* Paludina vivipara *qui ont résisté à la congélation* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1845, t. III, p. 373).

(*b*) Spallanzani, *Opuscules de physique animale*, t. I, p. 84.

(*c*) Bonafous, *Sur des œufs de Ver à soie exposés à une basse température* (*Bibliothèque universelle de Genève*, 1858, nouvelle série, t. XVII, p. 200).

(*d*) Hunter, *Experiments on Animals and Vegetables with respect to the power of producing Heat* (*Philos. Trans.*, 1775, t. LXV, p. 450).

(*e*) Gaimard, *De la suspension de la vie chez les Batraciens par l'effet du froid* (*Bibliothèque universelle de Genève*, 1840, nouvelle série, t. XXVI, p. 207).

(*f*) Aug. Duméril, *Recherches expérimentales sur la température des Reptiles* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1852, t. XVII, p. 11).

(*g*) Du Fay, *Observations physiques et anatomiques sur plusieurs espèces de Salamandres* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1729, p. 145).

(*h*) J. Franklin, *First Overland Journey to the Polar Seas*, t. II, p. 234).

— Hubbard, *On the Ressuscitation of Frozen Fish* (Silliman's *American Journal*, 1850, t. X, p. 132).

(*i*) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 136.

divers Mammifères ne se perfectionnent pas de la sorte, et que c'est en grande partie en raison de cette circonstance que plusieurs de ceux qui sont propres aux régions tropicales périssent promptement quand on les transporte dans nos pays, où les hivers sont froids.

Circonstances qui influent sur la production de chaleur.

§ 10. — Puisque la chaleur animale dépend de la combustion vitale, et que cette combustion est entretenue par l'oxygène que la respiration introduit dans l'organisme, nous pouvons prévoir que toutes les circonstances qui influent sur la marche de cette fonction doivent agir d'une manière analogue sur la quantité de chaleur produite de la sorte. Ainsi, nous avons vu

Respiration.

précédemment que pendant le sommeil la respiration est moins active que pendant la veille (1), et l'expérience nous apprend qu'il existe des variations correspondantes dans la puissance productrice de la chaleur animale. Chossat a constaté que chez les Pigeons la température du corps est d'environ trois quarts de degré plus élevée le jour que la nuit (2), et les observations de Hunter, de même que celles de Martin, montrent que chez l'Homme il y a aussi un refroidissement

(1) Voyez tome II, page 526.

(2) Ces résultats furent déduits de 600 observations thermométriques faites sur 20 Pigeons nourris de la manière ordinaire et placés dans les mêmes conditions de température extérieure la nuit et le jour. A midi, dans l'état de veille, le thermomètre, introduit dans le cloaque, s'élevait, terme moyen, à 42°,22, tandis qu'à minuit, durant le sommeil de ces Animaux, il ne marquait en moyenne que 41°,48. Sur 300 jours d'observations, il n'y en eut que 5 où la température du corps fut trouvée plus élevée la nuit que le jour, et 6 où elle était la même à midi et à minuit ; dans les 289 autres jours la différence était dans le sens indiqué ci-dessus (*a*).

Je rappellerai aussi, à ce sujet, que dans les expériences de M. Boussingault sur la respiration des Tourterelles, la quantité d'acide carbonique produite par heure fut d'environ 94 centigrammes pendant le jour, et seulement de 59 centigrammes pendant la nuit (*b*).

(*a*) Chossat, *Recherches expérimentales sur l'inanition* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, 1843, t. VIII, p. 553 et suiv.).

(*b*) Voyez tome II, page 529.

notable pendant le sommeil (1). Souvent on a eu aussi l'occasion de constater que, sous l'influence du sommeil, l'organisme résiste moins bien à l'influence du froid que pendant la veille, et cela suppose une différence correspondante dans la faculté de développer de la chaleur.

Influence de l'exercice musculaire.

Nous avons vu également que la consommation d'oxygène diminue pendant la veille, quand le système locomoteur est en repos, et augmente beaucoup sous l'influence de l'exercice musculaire : or, il est facile de constater que tout déploiement de force mécanique est accompagné d'une augmentation dans le développement de chaleur dont l'organisme est le siége. La coïncidence de ces phénomènes a été mise bien en évidence par les expériences délicates de M. Becquerel et de Breschet. Ces savants, en enfonçant dans le muscle biceps brachial d'un Homme les aiguilles de l'appareil thermo-électrique dont j'ai déjà eu l'occasion de parler, ont vu que cet organe s'échauffe chaque fois qu'il se contracte, et qu'il suffit d'un petit nombre de ces mouvements pour que sa température s'élève d'un demi-degré centigrade au-dessus de celle qu'il avait dans l'état de repos (2).

(1) Martin observa un abaissement très sensible de la température du corps humain pendant le sommeil, et constata que le corps se réchauffe très promptement après le réveil (*a*). Hunter évalue la différence entre l'état de sommeil et la veille à 1 degré et demi Fahrenheit, c'est-à-dire environ 0°,83 centigrade (*b*).

(2) En sciant du bois pendant cinq minutes avec le bras où l'une des soudures du thermo-multiplicateur avait été introduite dans le muscle biceps, l'augmentation de la température dans cet organe a été quelquefois jusqu'à 1 degré centigrade (*c*). Plus récemment des résultats analogues ont été obtenus par M. Gierce, en expérimentant

(*a*) Martin, *Description des effets du sommeil sur la chaleur du corps humain* (*Journal de physique*, 1773, t. II, p. 292).

(*b*) Hunter, *Expériences et observations sur la faculté dont jouissent les Animaux de produire de la chaleur* (*Œuvres*, t. IV, p. 317).

(*c*) Becquerel et Breschet, *Recherches sur la chaleur animale au moyen des appareils thermo-électriques* (*Archives du Muséum*, t. I, p. 402).

D'ailleurs, chacun sait, par l'observation journalière, que tout exercice violent est accompagné d'une production considérable de chaleur dans l'ensemble de l'organisme (1), et si la température intérieure de notre corps n'est que peu modifiée par ce phénomène, cela tient à l'action régulatrice qu'exerce la transpiration (2). La sueur, qui souvent vient alors lubrifier la peau, contribue beaucoup à soustraire aux parties sous-jacentes la chaleur qui s'y développe, et, chez les Animaux qui ne suent pas, des effets analogues sont obtenus par la précipitation des mouvements respiratoires qui accroît l'exhalation de l'eau par les voies pulmonaires ou par d'autres phénomènes du même ordre (3). Mais chez les Insectes, où la densité des

sur des Chiens (*a*), et M. Helmholz a constaté que chez les Grenouilles l'action musculaire est accompagnée aussi d'une élévation dans la température locale (*b*).

(1) Je rappellerai, à ce sujet, les observations pratiques faites par toutes les personnes qui se sont trouvées exposées à l'action de froids intenses, et, pour n'en citer ici qu'un exemple, j'ajouterai que les compagnons de voyage du capitaine Parry, lorsqu'ils hivernèrent dans les régions polaires, reconnurent que pour se réchauffer, rien n'était plus efficace que l'exercice musculaire (*c*).

(2) On doit à M. J. Davy des observations thermométriques sur la température des diverses parties du corps humain chez le même individu, à l'état de repos et après une marche plus ou moins rapide pendant une heure ou deux. L'élévation de température produite par l'exercice musculaire ne dépassa pas un demi-degré dans les parties profondes de l'organisme, ainsi qu'on pouvait s'en assurer par la température des urines au moment de leur évacuation, mais dans les parties superficielles du corps elle a atteint près de 15 degrés. Ainsi, le thermomètre, placé entre les orteils, marqua avant la marche 21°,4, et après, 36°,7 ; dans la main, la différence fut en moyenne de 8°,2 (*d*).

(3) Les Chiens sont dans ce cas, et quand ils courent de manière à s'échauffer beaucoup, ils laissent leur langue pendre hors de la bouche, ce qui augmente la surface d'évaporation et contribue à enlever de la chaleur à leur corps.

(*a*) Gierce, *Quænam ratio sit caloris org. part. inflamm.*, etc. (dissert. inaug.) Halæ, 1842.

(*b*) Helmholz, *Ueber die Wärmeentwickelung bei der Muskelaction* (*Müller's Archiv für Anat. und Physiol.*, 1848, p. 144).

(*c*) Parry, *Journal of a Voyage for the Discovery of a North-west Passage*, 1821, p. 147.

(*d*) J. Davy, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1844). — *Observations diverses sur la chaleur animale* (*Ann. de physique et de chimie*, 3e série, 1815, t. XIII, p. 185 et suiv.).

téguments et le renouvellement lent de l'air dans les trachées ne permettent qu'une transpiration faible, l'augmentation dans la production de chaleur qui accompagne l'activité musculaire détermine des effets thermométriques plus considérables. Ainsi, dans des expériences faites sur des Abeilles et d'autres Insectes par Newport, on a trouvé que le thermomètre restait à peu près stationnaire quand on le plaçait au milieu d'un certain nombre de ces Animaux au repos, mais que la colonne mercurielle s'y élevait parfois de 15 degrés, ou même davantage, quand ces petits êtres s'agitaient avec violence (1).

L'augmentation dans la production de la chaleur animale qui se manifeste lors de l'activité fonctionnelle des muscles dépend principalement de deux circonstances qui accompagnent la contraction de ces organes, et qui influent sur le degré d'intensité de la combustion vitale dans leur intérieur, savoir, la quantité de sang qui baigne leur substance (2) et l'excitation que le système nerveux y développe. Mais il semble résulter des expériences de M. J. Béclard, que l'augmentation dans le développement de la chaleur qui accompagne la contraction musculaire est moins grande quand celle-ci est employée à

(1) Newport, à qui on doit une série d'observations intéressantes sur la production de chaleur chez les Insectes, a vu la température d'une ruche s'élever d'environ 30 degrés Fahrenheit, lorsque les Abeilles, sortant du sommeil léthargique dans lequel elles avaient été plongées par l'effet du froid, se sont mises en mouvement et se sont agitées avec violence (*a*).

Dutrochet a fait aussi une série d'observations comparatives sur la température des Insectes au repos et en mouvement, mais il n'opéra que sur des individus isolés, et par conséquent les résultats thermométriques qu'il obtint ne furent que très faibles. Dans tous les cas, la chaleur propre de ces petits animaux ne fut que de quelques fractions de degré ; cependant il y avait toujours une certaine élévation de température accompagnant l'action musculaire (*b*).

(2) Voyez tome IV, page 308.

(*a*) Newport, *On the Temperature of Insects* (*Philos. Trans.*, 1837, p. 303).
(*b*) Dutrochet, *Recherches sur la chaleur propre des Animaux vivants à basse température* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1840, t. XIII, p. 43 et suiv.).

produire un travail mécanique que dans le cas où elle n'est pas appliquée de la sorte, et ce fait s'expliquerait facilement par la transformation d'une portion de cette chaleur en mouvement, conformément aux idées théoriques introduites depuis peu en physique (1).

(1) M. J. Béclard vient de publier un mémoire intéressant sur cette question (a). A l'aide d'un thermomètre très sensible appliqué sur la peau, dans la partie du bras qui correspond au muscle biceps, et convenablement protégé contre le refroidissement extérieur, il apprécie les changements de température qui se produisent dans cet organe lors de son action dans des circonstances différentes où le travail mécanique effectué n'est pas le même. Dans une première série d'expériences, il mesure de la sorte la chaleur développée lorsque, par des contractions musculaires périodiquement intermittentes, un poids déterminé est maintenu en équilibre ou bien soulevé à une certaine hauteur, puis abandonné à lui-même pour être ensuite soulevé de nouveau. L'élévation de la température au-dessus de celle observée préalablement quand le bras était en repos, a presque toujours été notablement plus grande dans l'expérience statique, c'est-à-dire lors du maintien du poids en équilibre, que dans l'expérience dynamique, c'est-à-dire lors du travail mécanique effectué pour élever le poids un certain nombre de fois. Dans un cas, la différence en faveur de l'état statique s'est élevée à 0°,26, et terme moyen elle a été d'environ 0°,16. Dans une seconde série d'expériences, M. Béclard compare le développement de chaleur observé dans le même muscle lorsque le mouvement effectué avait pour effet de soutenir le poids d'une manière continue sans l'élever, ou bien de l'élever et de l'abaisser alternativement en le soutenant à la descente. L'élévation de la température fut sensiblement la même dans les deux circonstances, et l'auteur croit pouvoir rendre compte du désaccord apparent entre ce résultat et le précédent, en supposant que, pendant le mouvement de descente, le travail mécanique négatif du muscle contrebalance les effets du travail mécanique utile produit pendant les mouvements d'élévation. Mais ce raisonnement ne me paraît pas juste, car, lorsque le bras soutient le poids pendant la descente, le muscle biceps se contracte aussi bien que pendant l'élévation, seulement l'effort est moindre. Quant à l'inégalité observée dans la première série d'expériences, lorsque la contraction musculaire était employée, tantôt pour élever le poids, tantôt pour le soutenir seulement ; avant d'en rien conclure touchant la transformation de la chaleur en force mécanique, il faudrait peut-être examiner d'une manière plus approfondie toutes les circonstances qui accompagnent la contraction musculaire à divers degrés d'intensité, et leur influence sur la production de chaleur.

(a) J. Béclard, *De la contraction musculaire dans ses rapports avec la température animale* (*Archives générales de médecine*, 5ᵉ série, 1861, t. XVII, p. 21).

Il est, du reste, à noter que la contraction des muscles est accompagnée d'une augmentation dans le travail de combustion dont ces organes sont le siége (1).

Influence de l'état de la circulation.

§ 11. — L'influence que le contact du sang avec les tissus exerce sur le dégagement de la chaleur dans leur substance est mise en évidence par les expériences sur l'élévation de la température des organes quand la quantité de fluide nourricier qui les traverse augmente (2), ainsi que par les opérations chirurgicales, dans lesquelles on a vu la ligature d'une grosse artère être promptement suivie du refroidissement des parties auxquelles ce vaisseau se rend, et la chaleur se relever dans celles-ci lorsque la circulation s'y rétablissait. J'ai déjà eu l'occasion de citer les expériences dans lesquelles, en déterminant la paralysie des nerfs vaso-moteurs, on provoque à la fois dans la région correspondante la dilatation des canaux sanguins et une augmentation notable de la température (3). Les mêmes effets sont produits par des causes mécaniques qui déterminent l'ac-

(1) Lorsque je traiterai de la contraction musculaire, j'exposerai les faits qui prouvent l'existence d'une combustion locale dans le tissu des muscles, et je me bornerai ici à ajouter que M. Matteucci a constaté une augmentation dans la quantité d'oxygène absorbé et d'acide carbonique produit de la sorte lors de l'activité fonctionnelle de ces organes (*a*). Précédemment M. Helmholz avait démontré le même fait d'une manière indirecte, en comparant la quantité de matières azotées excrémentitielles contenues dans des muscles de Grenouilles, dont les uns étaient restés en repos, et les autres avaient été mis en mouvement par une série de décharges électriques (*b*).

(2) Ainsi, dans les expériences de MM. Becquerel et Breschet sur la chaleur développée dans les muscles, il a suffi de la compression de l'artère qui se rendait à l'organe observé, pour que l'appareil thermométrique accusât immédiatement un abaissement de température (*c*).

(3) J'ai déjà eu l'occasion de parler des modifications dans la production de la chaleur animale qui se lient évi-

(*a*) Matteucci, *Sur les phénomènes physiques et chimiques de la contraction musculaire* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1856, t. XLII, p. 648).

(*b*) Helmholz, *Ueber den Stoffverbrauch bei der Muskelaktion* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1845, p. 72).

(*c*) Becquerel et Breschet, *Op. cit.* (*Archives du Muséum*, t. I, p. 403).

cumulation du sang dans une portion du système capillaire (1). Enfin, des phénomènes analogues se manifestent dans divers états pathologiques de l'économie, par exemple dans les cas d'inflammation locale (2), et l'influence que l'état de contraction ou de dilatation des vaisseaux capillaires exerce sur le développement local de la chaleur, nous explique comment les causes qui modifient indirectement l'état des vaisseaux sanguins peuvent déterminer aussi des changements dans la température de nos organes. Ainsi, en étudiant la circulation, nous avons vu que le froid, ainsi que beaucoup d'agents chimiques, provoque la contraction des petites artères, et qu'une contraction plus ou moins persistante de ces vaisseaux est toujours suivie d'un état de relâchement qui permet l'entrée d'une quantité de sang plus considérable que dans l'état ordinaire (3). Nous pouvons donc prévoir que les applications froides sur la surface de la peau doivent tendre d'abord à y produire un abaissement de température, non-seulement à raison de la chaleur

demment aux changements que les actions nerveuses déterminent dans l'état physique des vaisseaux sanguins (voyez ci-dessus, page 31).

(1) Pour bien démontrer que, dans les expériences où l'augmentation de la chaleur locale a suivi la section des nerfs moteurs des vaisseaux de l'oreille du Lapin (*a*), ce phénomène est dû à la paralysie de ces vaisseaux et à l'accumulation du sang dans la partie qui s'échauffe, M. Brown-Séquard a déterminé la congestion du sang dans les mêmes parties en tenant l'Animal suspendu par les pattes postérieures, de façon à gêner le retour de ce liquide vers le tronc, et il a fait voir que la température des oreilles s'élève alors presque autant qu'à la suite de la section des nerfs en question (*b*).

(2) Les parties qui sont le siége d'une inflammation ne présentent pas une élévation de température aussi grande qu'on le supposerait d'après la sensation de chaleur que le malade y éprouve ; mais cette élévation est souvent fort notable.

(3) Voyez tome IV, page 208 et suivantes.

(*a*) Voyez ci-dessus, page 31.

(*b*) Brown-Séquard, *Expériences prouvant qu'un simple afflux de sang à la tête peut être suivi d'effets semblables à ceux de la section du nerf grand sympathique au cou* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1854, t. XXXVIII, p. 117).

qu'elles enlèvent, mais aussi en ralentissant la circulation dans la partie refroidie; et que ce refroidissement doit être suivi d'un effet contraire, par cela seul que les vaisseaux, après s'être contractés, se dilateront, et admettront par conséquent dans leur intérieur une quantité plus considérable de sang. L'expérience nous montre que cette réaction se manifeste toujours avec plus ou moins d'énergie. Je ne prétends pas qu'elle résulte seulement des circonstances dont je viens de parler et qu'elle ne dépende pas en grande partie de l'état du système nerveux; mais il me paraît indubitable que les variations dans le calibre des petits vaisseaux sanguins contribuent beaucoup à la faire naître (1). Des considérations du même ordre nous permettent aussi de concevoir comment, parfois, il puisse y avoir désaccord

(1) Dans ces derniers temps, à l'occasion des questions soulevées par l'emploi thérapeutique des affusions froides, les pathologistes et les physiologistes ont fait beaucoup d'observations et d'expériences sur l'action que le froid exerce sur l'économie animale (*a*). Le premier effet est toujours un refroidissement plus ou moins marqué, mais bientôt après une réaction se manifeste, la température du corps s'élève; et si le développement de chaleur est favorisé par l'exercice musculaire, il en résulte une élévation de température qui dure assez longtemps et qui n'est pas suivie d'un nouveau refroidissement, comme dans le cas où l'action du froid extérieur est persistante.

Dernièrement, M. Liebermeister a cherché à évaluer par des procédés calorimétriques l'augmentation que les douches ou autres applications froides provoquent de la sorte dans le développement de la chaleur animale, et il estime qu'elle peut être parfois égale à quatre ou même six fois la production normale (*b*).

(*a*) Herpin, *Recherches sur les bains de rivière à basse température* (*Gazette médicale*, 1842, p. 253).
— Latour, *Du mode d'action de la médication réfrigérante appliquée sur toute la surface du corps* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1846, t. XXIII, p. 99).
— Hoppe, *Ueber den Einfluss des Wärmeverlustes auf die Eigentemperatur warmblütiger Thiere* (*Archiv für pathol. Anat. und Physiol.*, t. XI, p. 453).
— Hogspihl, *De frigoris efficacitate physiologica* (dissert. inaug.). Leipzig, 1857.
— Bence Jones et Dickinson, *Recherches sur l'effet produit sur la circulation par l'application prolongée de l'eau froide à la surface du corps humain* (*Journal de physiologie*, 1858, t. I, p. 72).
— Tholozan et Brown-Séquard, *Recherches expérimentales sur quelques-uns des effets du froid sur l'Homme* (*Journal de physiologie*, 1858, t. I, p. 497).
(*b*) Liebermeister, *Physiologische Untersuchungen über die quantitativen Veränderungen der Wärmproduction* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1860, p. 520).

entre la marche du travail respiratoire général et le développement de la chaleur dans les parties superficielles de l'organisme, ainsi que cela a été constaté dans certains cas pathologiques, par exemple chez les personnes qui, après avoir traversé la période algide du choléra, sont sur le point de mourir (1).

La richesse du sang influe sur le développement de la chaleur animale, aussi bien que la quantité de ce liquide qui baigne les tissus vivants. C'est en raison de ces deux circonstances que

(1) Dans la période algide du choléra, la consommation d'oxygène et la production d'acide carbonique sont réduites des deux cinquièmes environ, et la température du corps mesurée dans le creux de l'aisselle n'est que d'environ 33 degrés ou 34 degrés; mais M. Doyère a constaté que quelques heures avant la mort, le malade se réchauffe d'une manière très remarquable. La température du corps s'élève alors à 38 degrés, 39 degrés ou même davantage : ainsi, dans un cas, le thermomètre marqua, au moment de la mort, 42°,1, et la chaleur persista assez longtemps chez le cadavre (a). Des phénomènes analogues ont été observés dans quelques autres cas pathologiques, ainsi que dans des expériences de vivisections pratiquées sur le cervelet (b), et ne me paraissent pouvoir être rapportés qu'à la cessation de l'influence des nerfs vasomoteurs sur la portion périphérique du système capillaire.

Dans plusieurs circonstances, les médecins ont cru remarquer que le cadavre se réchauffait notablement après la mort (c). Il est probable qu'en général ce phénomène s'était réellement produit pendant les derniers instants de la vie ; mais on conçoit cependant la possibilité d'un accroissement réel dans la température des parties superficielles de l'organisme après que le moribond a rendu le dernier soupir, si durant l'agonie les vaisseaux capillaires avaient été contractés au point d'y empêcher l'arrivée du sang, et si au moment de la mort ils se sont relâchés ; car la production d'acide carbonique aux dépens de la substance des tissus organiques continue après la mort (d), et par conséquent l'arrivée du sang chargé d'oxygène dans les parties dont ce liquide avait été exilé pourrait être suivie de phénomènes de combustion dont résulterait une élévation de température.

(a) Doyère, *Mémoire sur la respiration et la chaleur animale dans le choléra* (*Moniteur des hôpitaux*, 1854, t. II, p. 97).

(b) Krimer, *Physiologische Untersuchungen*, p. 158, 173, etc.

(c) J. Davy, *Observ. on the Temperature of the Human Body after Death* (*Researches Anatomical and Physiological*, t. I, p. 228).

— Dowler, *Researches on post mortem Contractility* (voyez Brown-Séquard, *Journal de physiologie*, 1860, t. I, p. 375).

(d) G. Liebig, *Expériences sur la respiration* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1850, t. XIV, p. 321).

les saignées abondantes tendent à produire un abaissement dans la température du corps, et l'on sait, par les recherches de MM. Prévost et Dumas, que chez les divers Animaux il existe des rapports remarquables entre la grandeur de la faculté productrice de la chaleur et la proportion des globules organisés qui sont charriés par le fluide nourricier (1).

Influence du système nerveux.

§ 12. — L'influence du système nerveux sur le développement de la chaleur animale a été rendue indubitable par les expériences de Brodie, de Chossat et de quelques autres physiologistes. Je suis loin d'admettre toutes les conclusions que ces auteurs ont tirées des faits dont ils parlent ; mais ces faits n'en ont pas moins, à mon avis, une importance considérable.

Ainsi Brodie a constaté que la décapitation est suivie d'un refroidissement très rapide du corps, lors même que les vaisseaux sanguins du cou ont été préalablement liés pour empêcher l'hémorrhagie, et que la vie est entretenue dans le tronc au moyen de la respiration artificielle (2). On voit, par les expériences de Legallois, que dans ces dernières circonstances le refroidissement n'est pas aussi rapide que chez le cadavre (3),

(1) Les Oiseaux sont de tous les Animaux ceux dont la température est la plus élevée; et MM. Dumas et Prévost ont trouvé qu'ils ont le sang plus chargé de globules que celui des autres Animaux. Sous le rapport de la faculté productrice de la chaleur, de même que sous celui de la richesse du sang, les Mammifères occupent le second rang, et chez les Vertébrés à sang froid la proportion des matières solides contenues dans ce liquide n'est en général que d'environ $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ de celle que nous offrent les Oiseaux (*a*).

(2) Ce physiologiste constata aussi que la section de la moelle allongée produit le même effet sur le développement de la chaleur animale (*b*).

(3) Dans les expériences de Brodie, le refroidissement du corps après la section de la moelle allongée avait été plus rapide chez les individus où la vie avait été entretenue au moyen de la respiration artificielle que chez ceux où

(*a*) Prévost et Dumas, *Examen du sang et de son action dans les divers phénomènes de la vie* (*Ann. de chimie et de physique*, 1825, t. XXIII, p. 64).

(*b*) B. Brodie, *The Croonian Lecture on some Physiological Researches respecting the Influence of the Brain on the Action of the Heart and on the Generation of Animal Heat* (*Philos. Trans.*, 1811, et *Physiological Researches*, 1851, p. 1).

et que l'air qui traverse les poumons, tout en enlevant à l'organisme beaucoup de chaleur, continue à entretenir la combustion physiologique ; mais cette combustion est fort réduite, et, suivant toute probabilité, le grand affaiblissement de la faculté productrice de la chaleur qui est déterminé par la lésion du système nerveux, dépend principalement de la diminution que cette lésion amène dans le degré d'activité du travail chimique d'oxydation dont l'organisme est le siége (1).

Diverses substances toxiques qui exercent sur le cerveau

la mort avait suivi immédiatement cette lésion ; mais Legallois obtint des résultats opposés. Il trouva que la température des cadavres s'abaissait plus rapidement que celle de l'Animal dont la respiration était entretenue artificiellement après la décapitation ou la section de la moelle allongée (*a*). Le désaccord était probablement dû à la manière dont l'expérience avait été faite ; car Wilson Philip a remarqué que le refroidissement, tout en étant retardé par le renouvellement lent de l'air dans les poumons d'un Animal soumis à ce genre d'expériences, est accéléré lorsque la respiration artificielle est rendue très rapide, de façon à faire passer dans les poumons une quantité d'air qui dépasse de beaucoup celle nécessaire à l'entretien de la vie, et Brodie adopta cette manière de voir (*b*).

Les expériences de Chossat montrent aussi que lorsque l'action du cerveau a été arrêtée par l'effet d'une section verticale de cet organe pratiquée au-devant de la protubérance annulaire, les mouvements respiratoires continuent, mais que le refroidissement du corps n'en marche pas moins très rapidement, sans être cependant aussi prompt que dans le cadavre. La mort est arrivée douze heures après l'opération, et la température du corps était alors descendue à 24 degrés. Chez un autre Chien tué par la section de la moelle allongée et abandonné à lui-même dans les mêmes circonstances, la température était tombée à 23°,9 en onze heures (*c*).

Au sujet de l'influence du cerveau sur le développement de la chaleur, je citerai aussi une des expériences de MM. Becquerel et Breschet. Ayant introduit l'une des soudures de leur appareil thermométrique dans la substance du cerveau d'un Chien, ils constatèrent une température de 38°,25 ; mais presque aussitôt, par l'effet de la lésion de cet organe, cette température baissa de plusieurs degrés, et quelques minutes après l'Animal mourut (*d*).

(1) Brodie avait cherché à déterminer comparativement la quantité d'air

(*a*) Legallois, *Premier Mémoire sur la chaleur des Animaux qu'on entretient vivants par l'insufflation pulmonaire*, 1812 (*Œuvres*, t. II, p. 1).

(*b*) Wilson Philip, *An Experimental Inquiry into the Laws of the Vital Functions*, 1826, p. 180.

(*c*) Chossat, *Influence du système nerveux sur la chaleur animale*, thèse. Paris, 1820, p. 14.

(*d*) Becquerel et Breschet, *Op. cit.* (*Archives du Muséum*, t. I, p. 402).

une action narcotique, déterminent aussi une grande diminution dans la production de la chaleur animale. Ainsi, dans les expériences faites par Brodie sur les effets de l'empoisonnement par l'essence d'amandes amères, le refroidissement du corps accompagna la perte de la sensibilité et fut non moins rapide que chez les Animaux dont le cerveau avait été détruit (1). Chossat a constaté aussi un grand abaissement dans la température du corps des Animaux narcotisés par l'opium (2); des phénomènes du même ordre ont été observés par MM. Duméril et Demarquay chez des Animaux plongés dans un état d'insensibilité par l'action de l'éther ou du chloroforme (3), et dans certains cas d'empoisonnement la mort est

consommé dans les circonstances ordinaires et chez un Animal dont la vie est entretenue par la respiration artificielle, et il n'avait aperçu aucune différence ; d'où il conclut que la production de la chaleur ne pouvait être attribuée à la combustion physiologique (*a*). Legallois reprit ce sujet, et arriva à des résultats opposés. Il constata que toujours chez les Animaux qui se refroidissent, soit par suite d'une lésion du système nerveux, soit par l'effet d'une gêne dans les mouvements respiratoires, il y a une diminution notable dans la consommation d'oxygène (*b*).

(1) Brodie assure que les effets de ce poison sur la production de la chaleur sont non moins marqués que ceux déterminés par la décapitation, mais il ne donne pas les observations thermométriques sur lesquelles cette conclusion est fondée (*c*).

(2) Chossat, ayant injecté une forte dose d'opium dans les veines d'un Chien, constata un abaissement graduel de la chaleur jusqu'au moment de la mort. Au début de l'expérience, la température était de 39°,8. Une heure après elle était descendue à 36°,6, et au bout de trois heures elle n'était plus que de 32°,6 ; vingt heures après l'opération, elle était tombée à 23°,6, et quand l'Animal mourut, à peu près vingt-deux heures après l'introduction du poison, elle était de 22°,8 (*d*).

(3) MM. Auguste Duméril et Demarquay ont constaté que l'éther introduit dans l'économie sous la forme de vapeurs, soit par les voies respiratoires, soit par le rectum, détermine un grand abaissement de la température du corps, lors même que ces vapeurs ne donnent pas lieu à des phénomènes d'ivresse ou d'insensibilité. Dans une expérience faite

(*a*) Brodie, *Further Experiments and Observations on the Influence of the Brain on the Generation of Animal Heat* (*Philos. Trans.*, 1812 ; — *Physiol. Researches*, p. 17).

(*b*) Legallois, *Deuxième et troisième Mémoire sur la chaleur animale* (*Œuvres*, t. II, p. 21 et suiv.).

(*c*) Brodie, *Further Experiments and Observations on the Influence of the Brain on the Generation of Animal Heat* (*Philos. Trans.*, 1812, p. 205).

(*d*) Chossat, *Mémoire sur l'influence du système nerveux sur la chaleur animale*, p. 19.

la conséquence du refroidissement de l'organisme (1). Enfin on sait depuis longtemps, par l'observation des effets de l'ivresse, que chez l'homme l'alcool diminue la puissance calorifique.

La division de la moelle épinière dans la région cervicale peut produire à peu près les mêmes effets que la destruction

sur un Chien, l'éthérisation, prolongée pendant trente-cinq minutes, a fait baisser la température de 2°,20. Chez un autre Chien, le refroidissement déterminé par l'administration du chloroforme a été même de 4°,80 après une heure quarante minutes d'anesthésie. Mais en général l'action exercée de la sorte sur la chaleur animale est moins forte. Chez une Poule, l'éthérisation a fait baisser la température de 2°,50 en quinze minutes, et dans un autre cas le refroidissement a été de 3°,60 en quarante minutes (*a*). Dans une série d'expériences sur les effets de l'empoisonnement par l'opium faites par Holland, l'abaissement de la chaleur animale ne fut pas aussi considérable (*b*).

(1) M. Brown-Séquard a constaté que l'action mortelle de plusieurs substances toxiques est d'autant plus grande, que les Animaux qui y sont soumis sont placés dans des conditions moins favorables à la conservation de leur chaleur propre. Ainsi, dans divers cas, en administrant la même dose de poison à deux Animaux (Lapins ou Cochons d'Inde) aussi semblables entre eux que possible, mais dont l'un était placé dans une chambre où la température n'était que de 8 à 10 degrés centigrades, tandis que l'autre était placé près d'un feu, dans une atmosphère dont la température se maintenait entre 24 et 30 degrés, cet expérimentateur vit ces derniers se rétablir assez facilement, tandis que les autres Animaux, après avoir éprouvé un refroidissement notable, périssaient au bout de quelques heures ou d'un à deux jours. Les substances qui agissaient le plus fortement sur la faculté productrice de la chaleur étaient l'opium, l'acide cyanhydrique, le cyanide de mercure, la jusquiame, la digitale, le tabac, l'euphorbe, le camphre, l'alcool, l'acide oxalique et divers acides minéraux très dilués. Souvent le premier effet du poison sur cette fonction déterminait une augmentation de la chaleur animale ; mais ce phénomène était suivi d'un refroidissement plus ou moins considérable, surtout quand l'action toxique n'était pas assez intense pour déterminer la mort rapidement, et que l'Animal pouvait y résister pendant quatre ou cinq heures (*c*).

(*a*) Aug. Duméril et Demarquay, *Recherches expérimentales sur les modifications imprimées à la température animale par l'éther et par le chloroforme* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1848, t. XXVI, p. 171).

(*b*) Holland, *Laws of Organic and Animal Life*, p. 255.

(*c*) Brown-Séquard, *Recherches sur une cause de mort qui existe dans un grand nombre d'empoisonnements* (*Gazette méd. de Paris*, 1849, t. IV, p. 644 ; — *Experimental Researches*, 1853, p. 20).

du cerveau; mais lorsque la lésion porte sur la partie dont naissent les nerfs cervicaux de la huitième paire et les nerfs thoraciques des deux premières paires, il en résulte une élévation dans la température de la tête (1). La section de cette portion du système nerveux dans des points plus éloignés de la tête est suivie d'un certain affaiblissement dans la production de chaleur; mais le refroidissement diminue à mesure que la lésion est située plus près de la région lombaire, où elle cesse d'avoir une influence bien appréciable sur ce phénomène.

Nous avons vu précédemment que la destruction des ganglions du système sympathique dont naissent les nerfs vasomoteurs de la tête et des membres, est suivie d'une grande augmentation de la production de chaleur dans les parties correspondantes de l'organisme (2); mais je ne saurais attribuer ce phénomène à la cessation d'une action retardatrice que ces nerfs exerceraient dans les circonstances ordinaires sur le travail calorifique, et je n'y vois qu'une conséquence de la dilatation que des vaisseaux sanguins éprouvent par suite de la paralysie de leurs nerfs moteurs et de l'afflux considérable de sang qui en résulte.

Quoi qu'il en soit, il est digne de remarque que toutes les parties du système sympathique ne paraissent pas jouer un rôle de ce genre. En effet, Chossat a trouvé que la destruction

(1) M. Budge a constaté que chez le Lapin la section de la moelle épinière entre la dernière vertèbre cervicale et la troisième vertèbre dorsale est suivie d'une dilatation des artères de la tête et d'une augmentation de chaleur dans les oreilles, qui peut s'élever à 4 ou 5 degrés. Il en conclut que l'action exercée sur les vaisseaux de la tête par le grand sympathique cervical a son point de départ dans la portion de la moelle épinière indiquée ci-dessus (*a*).

(2) Voyez ci-dessus, page 31.

(*a*) Budge, *De l'influence de la moelle épinière sur la chaleur de la tête* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1853, t. XXXVI, p. 377).

de la portion du système ganglionnaire qui constitue le plexus semi-lunaire est suivie d'un anéantissement si complet de la production de la chaleur, que le corps de l'Animal encore vivant se refroidit aussi rapidement que le ferait un cadavre placé dans les mêmes circonstances (1). Ce physiologiste obtint le même résultat en liant l'artère aorte thoracique, opération qui n'arrêta pas la circulation dans la tête et les membres antérieurs, mais qui empêcha le sang d'arriver dans l'abdomen, où se trouvent les centres nerveux dont il vient d'être question.

Il est aussi à noter que la température d'un membre paralysé est d'ordinaire moins élevée que celle du membre correspondant qui a conservé la sensibilité ainsi que le mouvement, et que dans quelques cas on a vu le développement de chaleur y augmenter notablement sous l'influence de l'excitation déterminée par l'électricité (2).

§ 13. — Faut-il conclure de tous ces faits que la production de la chaleur est indépendante de l'action comburante de l'oxygène sur l'organisme, et n'est pas une conséquence de la respiration ? Non, certes. On pouvait le supposer quand on croyait que la combinaison de l'oxygène de l'air avec les matières combustibles fournies par l'économie animale avait lieu dans

(1) Dans une des expériences de ce genre, Chossat vit la température du Chien tomber à 27°,8 en huit heures, et dans une autre expérience la température, qui était 40°,9 avant l'opération, descendit à 26 degrés dans l'espace de dix heures (*a*).

(2) En 1819, Earle publia quelques observations intéressantes sur ce sujet. Chez un paralytique, il trouva que dans la main du côté sain le thermomètre marquait 33°,3, tandis que dans la main paralysée la température n'était que de 21°,67 avant l'emploi de l'électricité ; mais elle s'y éleva à 25 degrés après quelques jours de traitement par cet agent excitant (*b*).

(*a*) Chossat, *Influence du système nerveux sur la chaleur animale*, thèse, 1820, p. 42.

(*b*) H. Earle, *Cases and Observations illustrating the Influence of the Nervous System in regulating Animal Heat* (*Medico-chirurgical Transactions*, 1819, t. VII, p. 177).

les cellules du poumon (1); mais aujourd'hui il n'en est plus de même. Nous savons que l'appareil respiratoire est seulement la voie par laquelle le principe comburant arrive dans le torrent de la circulation, et que, transporté par le sang dans la profondeur de toutes les parties du corps, l'oxygène de l'air s'unit à du carbone et à de l'hydrogène dans le système capillaire général ou dans la substance des tissus où ces vaisseaux sont répandus. Par conséquent, pour expliquer la diminution dans le développement de la chaleur qui suit les diverses lésions du système nerveux, il suffit d'admettre que, d'une manière directe ou indirecte, la combustion physiologique est plus ou moins subordonnée à l'action normale du système nerveux, hypothèse qui n'est en désaccord avec aucun fait bien avéré. Il me paraît probable que l'influence exercée par les nerfs sur l'état de contraction ou de dilatation des capillaires sanguins contribue beaucoup à la production des phénomènes dont l'étude vient de nous occuper (2); mais j'incline à croire que

(1) Brodie et Chossat ne furent pas les seuls à attribuer au système nerveux le pouvoir de développer de la chaleur indépendamment de toute action comburante déterminée par la respiration. M. de la Rive pensa qu'on pouvait attribuer ce phénomène au passage de courants électriques dans les nerfs (*a*); mais, comme nous le verrons par la suite, l'existence de pareils courants n'a pu être démontrée.

(2) Il y a lieu de penser qu'il faut attribuer à l'action du système nerveux sur le degré de contraction des vaisseaux capillaires un phénomène fort remarquable qui a été constaté par W. Edwards et Gentil. Ces physiologistes ont trouvé que le refroidissement considérable de l'une des mains produit par l'immersion de cette partie dans de l'eau glacée est accompagné d'un abaissement considérable de la température de l'autre main non immergée (*b*). Au premier abord, on pourrait attribuer cet effet éloigné à un refroidissement dans la masse du sang en circulation; mais il résulte des expériences plus récentes de MM Tholozan et Brown-Séquard, que la température de la bouche n'est que peu modifiée par le grand refroidissement de la main immergée; en sorte que le changement

(*a*) De la Rive, *Observations sur les causes présumées de la chaleur propre des Animaux* (*Bibliothèque universelle de Genève*, 1820, t. XV, p. 40).

(*b*) W. Edwards, *Animal Heat* (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. II, p. 660).

l'action nerveuse contribue à déterminer les combinaisons chimiques qui s'effectuent dans l'intérieur de l'économie, et qui me paraissent être indubitablement la principale cause du dégagement de chaleur dont toutes les parties vivantes du corps de l'Animal sont le siége.

Ainsi, en définitive, c'est toujours à l'introduction de l'oxygène dans l'organisme et à la combinaison de ce principe avec les matières combustibles fournies, soit par le sang, soit par les tissus, qu'il faut attribuer la production de la chaleur animale.

Il est aussi à noter que le ralentissement du travail respiratoire suffit pour produire une diminution plus ou moins grande dans la production de chaleur. Ainsi, dans les expériences de Legallois, des Lapins maintenus étendus sur le dos se sont refroidis de 2 ou 3 degrés en une heure et demie, et Chossat a obtenu des résultats semblables en agissant sur des Chiens (1).

Influence de l'alimentation sur la production de chaleur.

§ 14. — L'alimentation exerce aussi une grande influence sur le développement de la chaleur dans l'intérieur de l'économie animale. Hunter a constaté que, chez les Souris, la privation d'aliments est bientôt suivie d'un abaissement notable

dans l'état thermométrique de l'autre main paraît devoir dépendre d'une action sympathique exercée par le système nerveux sur les vaisseaux sanguins de cette dernière partie, et d'une diminution dans la quantité de sang en circulation dans celle-ci par suite de la contraction de ces mêmes vaisseaux (a).

(1) Dans quelques-unes des expériences de Legallois, faites sur des Lapins très jeunes, le refroidissement qui accompagne cette position du corps était beaucoup plus considérable, mais dans ce cas le phénomène était complexe, et l'abaissement de la température devait être attribué principalement à l'insuffisance normale de la production de chaleur dans les premiers temps de la vie (b). Dans des expériences analogues faites par Chossat sur des Chiens adultes, le refroidissement déterminé par la fixation du corps dans la position indiquée ci-dessus n'a jamais dépassé notablement 2 degrés centigrades (c).

(a) Tholozan et Brown-Séquard, *Recherches expérimentales sur quelques-uns des effets du froid sur l'Homme* (*Journal de physiologie*, 1858, t. I, p. 500).

(b) Legallois, *Mém. sur la chaleur des Animaux* (*Œuvres*, t. II, p. 14).

(c) Chossat, *Op. cit.*, p. 12.

dans la température du corps et d'une diminution dans la faculté de résister à l'action d'un froid intense (1). Plus récemment, M. Martins, professeur à Montpellier, a fait des observations analogues (2), et Chossat a mis ce fait mieux en évidence par ses expériences sur les effets de l'inanition. Il a constaté que chez des Animaux privés d'aliments la température du corps s'abaisse notablement, et qu'aux approches de la mort elle est quelquefois de 18 à 20 degrés au-dessous de la température normale (3). Je rappellerai aussi que chez

(1) Chez une Souris vigoureuse et bien nourrie, Hunter vit le thermomètre marquer 99 degrés Fahrenheit dans l'abdomen, près du diaphragme, tandis que chez un autre individu affaibli par un long jeûne, l'instrument, placé de même, ne marqua que 97 degrés.

Le premier de ces Animaux, exposé pendant une heure à de l'air dont la température n'était que de 13 degrés Fahr., se refroidit intérieurement d'environ 18 degrés Fahr. Le second, placé dans les mêmes circonstances, perdit 23 degrés Fahr. (*a*).

Des faits du même ordre ont été notés par les voyageurs qui, en explorant les régions polaires, se sont trouvés exposés à des froids intenses et n'avaient souvent qu'une nourriture insuffisante. Ainsi, l'un des compagnons du capitaine Franklin, étant réduit à un état de grande maigreur, souffrit beaucoup des abaissements de température qu'il aurait supportés sans gêne dans les circonstances ordinaires, et il remarqua que les Hommes avec qui il se trouvait supportaient beaucoup mieux l'influence du froid de la nuit quand ils avaient fait un bon repas que lorsqu'ils avaient passé la journée à jeun (*b*). Il est aussi à noter que dans des expériences sur l'alimentation, M. Hammond constata un abaissement notable de la température de son corps après avoir vécu pendant quatre jours de gomme seulement (*c*).

(2) M. Martins a eu l'occasion d'observer aux environs de Montpellier deux troupeaux de canards qui vivaient dans la même localité, mais dont l'un n'avait qu'une nourriture insuffisante, tandis que l'autre recevait journellement des rations abondantes et de bonne qualité. Chez les premiers la température moyenne était 41°,177, tandis que chez les seconds elle s'élevait à 41°,978. La différence en faveur des Canards bien nourris était donc de 0°,8 (*d*).

(3) Dans une des séries d'expériences

(*a*) Hunter, *Op. cit.* (*Œuvres*, t. IV, p. 218).

(*b*) J. Franklin, *Narrative of a Journey to the shores of the Polar Sea in* 1819, 1820, 1821 *and* 1822, p. 424.

(*c*) Hammond, *Recherches expérimentales sur la valeur nutritive et les effets physiologiques de l'albumine*, etc. (*Journal de physiologie*, 1858, t. I, p. 417).

(*d*) Martins, *Mém. sur la température des Oiseaux palmipèdes du nord de l'Europe*, p. 16 (extrait des *Mémoires de l'Acad. des sciences et lettres de Montpellier*, 1856, t. III).

les Animaux soumis à l'abstinence, la respiration est moins active que chez ceux qui reçoivent des aliments en quantité suffisante. J'ai déjà cité les expériences faites sur ce sujet par

faites par Chossat, douze Pigeons, dont la température normale avait été déterminée préalablement par une longue série d'observations, furent soumis à une privation complète d'aliments et de boissons, jusqu'à leur mort, qui arriva entre le sixième et le dix-huitième jour de l'abstinence. Pendant la première période de l'expérience, c'est-à-dire jusqu'au pénultième jour de l'existence de chacun de ces Animaux, l'abaissement de la température ne fut que peu marqué pendant le jour : observée à midi, elle ne dépassa qu'un demi-degré, mais l'oscillation journalière était beaucoup plus grande que dans les circonstances ordinaires, et le refroidissement nocturne de leur corps, au lieu d'être seulement en moyenne de 0°,74, comme dans l'état normal, fut successivement de 2°,3, de 3°,2 et de 4°,1. Pendant le jour qui précédait la mort, les Pigeons tombaient dans un état de stupeur et donnaient des signes d'une grande faiblesse; la température s'abaissa alors rapidement, et au moment de la mort elle tomba en général à 25 ou 30 degrés ; quelquefois même beaucoup plus bas, par exemple à 22 degrés ou même à 18°,5. La marche moyenne du phénomène est représentée par les résultats consignés dans le tableau suivant :

		A MIDI.	A MINUIT.
Température le premier jour de l'expérience		42°,3	40°,4
Température entre le premier et le pénultième jour de l'expérience.	Premier tiers du temps	42,0	39,6
	Deuxième tiers du temps	41,8	38,7
	Troisième tiers du temps	41,6	37,9
L'antépénultième jour		41,4	37,5
Le pénultième jour		40,0	36,7
Au moment de la mort		26,0	»

D'autres séries d'expériences du même genre portèrent sur des Tourterelles, des Poules, une Corneille et des Lapins ; toutes donnèrent des résultats analogues, et pendant le dernier jour de la vie le refroidissement de ces Animaux fut en moyenne cent trois fois plus rapide que pendant chacun des jours précédents (*a*).

Des expériences faites plus récemment par M. Ch. Martins sur les effets de l'abstinence chez les Canards ont confirmé les résultats obtenus par Chossat (*b*).

(*a*) Chossat, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences Savants, étrangers*, t. VIII, p. 545 et suiv.).

(*b*) Martins, *Op. cit.*, p. 10 (extrait des *Mémoires de l'Acad. des sciences et lettres de Montpellier*, 1856, t. III).

M. Boussingault, ainsi que par MM. Bidder et Schmidt (1), et j'ajouterai que dans les recherches de MM. Regnault et Reiset sur la respiration des Chiens, on voit la consommation de l'oxygène tomber de 1[gr],124 à 0[gr],902 par l'effet de l'inanition (2).

Effets des climats chauds.

§ 15. — Tout ce qui tend à ralentir le mouvement nutritif ou à affaiblir l'organisme d'une manière quelconque, paraît tendre aussi à diminuer la puissance productive de la chaleur animale, et, parmi les circonstances qui agissent de la sorte, je citerai ici l'action prolongée d'une température élevée. Le premier effet de la chaleur extérieure sur l'économie est une excitation générale et une augmentation correspondante dans la faculté de développer de la chaleur ; mais quand ce stimulant devient continu et agit pendant longtemps, il en résulte un affaiblissement considérable, et l'organisme perd de son aptitude à produire de la chaleur. Ainsi, en été, l'Homme et les autres Animaux à sang chaud résistent moins bien à l'action réfrigérante d'un milieu dont la température est basse qu'ils ne le font en hiver. Ces faits, dont la connaissance est indispensable pour l'intelligence de tout ce qui touche à l'influence des saisons ou des climats sur l'économie animale, ont été parfaitement établis par les recherches expérimentales de mon frère William Edwards. Ce physiologiste habile fit voir que les Animaux à sang chaud, adultes, exposés au contact d'un

(1) Voyez tome II, page 538.

(2) Chez un Lapin (expér. D) nourri avec des carottes, la consommation d'oxygène était par heure de 3[gr],590.

Soumis à l'inanition, le même Animal n'absorbait l'oxygène que dans la proportion de 2[gr],731 par heure.

MM. Regnault et Reiset ont trouvé aussi que chez une Poule la consommation d'oxygène était pour un même poids de matière vivante :

1,475 du régime ordinaire.
1,044 sous l'influence de l'inanition (a).

(a) Regnault et Reiset, *Recherches chimiques sur la respiration des Animaux* (*Ann. de chimie et de physique*, 3[e] série, t. XXVI, p. 414 et 415).

air froid, conservent beaucoup mieux leur chaleur propre en hiver qu'en été (1), et, ainsi que j'ai eu l'occasion de le dire précédemment, il constata aussi que pendant la saison froide la consommation d'oxygène par la respiration est beaucoup plus grande que pendant les chaleurs de l'été.

Influence des variations brusques de la température extérieure.

L'influence des climats est analogue à celle des saisons, et la faculté de développer de la chaleur est moins grande chez les habitants des régions tropicales que chez ceux qui vivent dans les pays froids. Mais lorsqu'on veut se rendre bien compte des effets produits sur les uns et sur les autres par les variations brusques de température, il faut ne pas confondre les impressions déterminées par ces variations avec les modifications qu'elles peuvent amener graduellement dans la constitution des individus. La sensation de chaleur ou de froid résulte des changements subits qui ont lieu dans la production de la chaleur animale bien plus que de la température réelle de l'organisme, et cela nous explique comment les personnes qui ont vécu longtemps dans un climat chaud peuvent être pendant quelque temps moins sensibles à l'impression du froid que ne le sont les habitants d'un pays où la température est d'ordinaire très basse. La réaction physiologique que cette impression provoque est plus intense chez les faibles producteurs de chaleur animale que chez les personnes où le développement normal

(1) Dans une de ses expériences sur ce sujet, William Edwards plaça dans un vase rempli d'air et entouré de glace cinq Moineaux adultes. Au mois de février, l'abaissement de la température propre de ces Animaux fut, au bout d'une heure, terme moyen, 0°,4, et ne dépassa dans aucun cas 1 degré ; puis leur température resta stationnaire. En juillet, quatre Oiseaux de la même espèce, placés dans les mêmes conditions, perdaient en une heure 3°,6, et à la fin de la troisième heure la température de leur corps était descendue, terme moyen, à 6 degrés au-dessous de sa température initiale. Au mois d'août, dans une expérience analogue, le même auteur constata un refroidissement de 4°,87 dans l'espace de trois heures (a).

(a) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 163.

de cette chaleur est en rapport avec les causes de refroidissement dont elle dépend, et il en résulte pour les premiers une sensation de chaleur qui n'est pas en accord avec la température réelle de leur corps; mais cette réaction n'est que passagère, et après quelque temps, les effets du froid deviennent plus grands chez les premiers que chez les seconds (1).

Influence de divers états pathologiques.

§ 16. — Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible d'expliquer d'une manière satisfaisante toutes les variations qui peuvent se manifester dans la production de la chaleur animale ou dans les sensations qui s'y rapportent. Ainsi, dans certains états pathologiques, la température du corps humain s'élève un peu au-dessus du degré normal (2), et le même phénomène peut être déterminé par l'action de diverses substances toxiques, sans qu'il se manifeste dans

(1) On a souvent remarqué que les habitants des régions tropicales qui viennent vivre dans nos climats sont peu sensibles au froid de l'hiver pendant la première année de leur séjour en Europe, tandis que plus tard ils en souffrent beaucoup, et W. Edwards a cherché à expliquer cette anomalie apparente par l'observation de ce que l'on éprouve quand une partie du corps est refroidie brusquement, comme dans le cas où la main a été plongée pendant quelques instants dans de l'eau glacée. La température de la main s'abaisse, et la réaction provoquée de la sorte est suivie d'une sensation de chaleur, bien que la température de la partie refroidie soit encore notablement au-dessous du degré normal (a). Ces remarques sont également applicables aux natifs des pays septentrionaux, qui souvent se montrent plus sensibles à un froid léger que ne le sont les habitants des climats doux (b), car ce froid provoque chez ceux-ci une réaction qui ne se produit pas chez les premiers, et qui détermine une sensation de chaleur indépendante de l'état thermométrique de l'organisme.

(2) Dans les fièvres dites *essentielles*, ainsi que dans celles qui sont symptomatiques d'une phlegmasie ou d'un exanthème, tel que la rougeole, la scarlatine et la variole, la température du corps s'élève notablement, et atteint quelquefois 40 degrés ou même 42 degrés. Il est à remarquer que dans les fièvres algides la sensation de froid

(a) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 485.

(b) Martins, *Du froid thermométrique, et de ses relations avec le froid physiologique dans les plaines et sur les montagnes*, p. 43 (extrait des *Mémoires de l'Acad. des sciences de Montpellier*, 1859, t. IV).

l'état de la circulation ou de la respiration aucun changement appréciable auquel cette circonstance puisse être attribuée. Mais aucun de ces faits n'infirme les vues théoriques que j'ai présentées dans le cours de cette Leçon touchant la source de la chaleur animale, et il est probable que lorsqu'on les aura mieux étudiés, ils rentreront tous dans la règle commune, c'est-à-dire qu'ils se montreront comme des conséquences de la manière dont la combustion des matières organiques s'effectue dans la profondeur de toutes les parties de l'organisme sous l'influence de l'oxygène fourni par la respiration.

Conséquence à tirer de l'inégale distribution de la chaleur dans l'organisme.

Cette combustion physiologique, comme nous l'avons vu, s'effectue dans toutes les parties de l'organisme, mais ne présente pas partout le même degré d'activité, et par conséquent le mode de distribution de la chaleur dans l'intérieur de l'économie animale peut jeter quelque lumière sur la manière dont le travail chimique de la nutrition est réparti. En effet, lorsqu'on examine attentivement les différences thermométriques qui existent dans les diverses parties du corps d'un Mammifère ou d'un Oiseau, on ne tarde pas à reconnaître que ces inégalités

que le malade ressent coïncide souvent avec une augmentation de la chaleur thermométrique de son corps. Depuis quelques années, les pathologistes ont fait beaucoup d'observations sur les variations de la chaleur animale dans diverses maladies ; mais ces recherches n'ont jeté que peu de lumière sur l'histoire physiologique de la caloricité (*a*).

(*a*) Gavarret, *Recherches sur la température du corps dans la fièvre intermittente* (*l'Expérience*, 1839, t. IV, p. 22).

— Roger, *De la température des enfants à l'état physiologique et pathologique* (*Archives générales de médecine*, 4ᵉ série, 1844, t. V, p. 467 ; t. VII, p. 472 ; t. VIII, p. 17 ; t. IX, p. 263).

— Helmholtz, *Thierischen Wärme* (*Encyklopæd. Wörterbuch der medicinischen Wissenschaften*, 1846, t. XXXV, p. 523).

— G. Zimmermann, *Ueber die Wechselfieberkranken* (*Archiv für Physiol. Heilkunde*, 1850, t. IX, p. 382).

— Monneret, *Traité de pathologie générale*, t. II, p. 3 et suiv.

— Jochmann, *Beobachtungen über die Körperwärme*, 1853.

— Maurice, *Des modifications de la température animale dans les affections fébriles*, thèse. Paris, 1855.

— Michael, *Specialbeobachtungen der Körpertemperatur im intermittirenden Fieber* (*Archiv für physiol. Heilkunde*, 1856, t. XV, p. 39).

ne peuvent dépendre uniquement de la facilité plus ou moins grande avec laquelle la chaleur animale se dissipe au dehors dans les divers organes, et qu'elles doivent résulter, en partie, de différences locales dans le degré d'activité du travail chimique qui s'opère dans les tissus vivants, et qui donne lieu au développement de cette chaleur. Mais l'étude de la température propre des diverses parties du corps est moins simple qu'on ne serait porté à le croire au premier abord, car cette température est subordonnée à celle des parties d'où vient le sang qui les traverse. En effet, le torrent circulatoire est le grand égalisateur de la température intérieure de l'organisme, en même temps qu'il est la source alimentatrice de la combustion dont l'évolution de la chaleur animale est une conséquence. Nos connaissances à ce sujet ne sont encore que peu avancées; mais, d'après les recherches de M. Cl. Bernard, nous voyons que le foie est de toutes les parties celle où ce mouvement moléculaire paraît être le plus actif (1).

Pour faire un pas de plus dans l'étude de la production de

(1) En introduisant dans diverses artères et veines, chez un Animal vivant, de très petits thermomètres fort sensibles, M. Cl. Bernard a pu constater, ainsi que je l'ai déjà dit, des différences remarquables entre la température du sang qui se rend du cœur à certaines parties de l'organisme, ou qui, après avoir traversé celles-ci, revient vers le centre de l'appareil circulatoire. Dans les points où le sang revient de parties exposées à des causes de refroidissement considérable, les membres, par exemple, la température du sang veineux fut trouvée inférieure à celle du sang artériel; mais dans les points où la déperdition de la chaleur animale n'est que faible, la température du courant sanguin fut trouvée au contraire plus élevée après son passage dans les vaisseaux capillaires qu'avant son arrivée dans la profondeur des tissus vivants. Cette augmentation de température était presque toujours très sensible dans le sang qui avait circulé dans l'épaisseur des parois du tube digestif, mais devenait encore plus grande après le passage du liquide dans le système de la veine porte (*a*). Chez des Chiens vigoureux, M. Claude Bernard trouva que la température du sang de la veine hépatique était souvent de 41 degrés, ou même davantage. Il constata aussi que la sub-

(*a*) Voyez ci-dessus, page 33.

chaleur chez l'Homme et les autres Animaux, nous nous trouvons donc conduit à chercher quelles sont les matières combustibles qui dans la profondeur des organes vivants se combinent avec l'oxygène, et donnent ainsi lieu à cette élévation de température. Sont-ce les matières alimentaires puisées au dehors, et charriées par le sang, qui sont brûlées de la sorte dans l'économie animale? est-ce le sang lui-même qui fournit ces combustibles, ou bien proviennent-ils de la substance des tissus vivants, et l'entretien de la combustion physiologique est-il lié à la destruction de la matière vivante? Ce sont là des questions qui touchent à la nature même du travail nutritif, et nous chercherons à les résoudre dans une des prochaines Leçons.

stance des tissus situés profondément est en général plus chaude que le sang qui en part (*a*).

Il est probable que les glandes rénales sont, de même que le foie, le siége d'un travail calorifique considérable, car M. Brown-Séquard a trouvé que l'urine de l'Homme, au moment de l'émission, avait une température, terme moyen, de 39°,5, et était par conséquent notablement plus chaude que la plupart des autres parties du corps (*b*).

(*a*) Brown-Séquard, *On the Normal Degree of the Temperature of Man* (*Experimental Researches*, p. 30).

(*b*) Cl. Bernard, *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme*, 1859, t. I, p. 77 et suiv.).

SOIXANTE-HUITIÈME LEÇON.

Suite de l'étude des phénomènes de nutrition et de leurs conséquences. — Production de lumière dans l'économie animale. — Causes de la phosphorescence de la mer.

§ 1. — Le dégagement de chaleur dont l'étude vient de nous occuper n'est pas le seul effet physique qui, dans certains cas, puisse résulter de la combustion respiratoire déterminée par l'oxygène de l'air dans l'intérieur de l'organisme vivant, et constituant, comme nous venons de le voir, une des parties fondamentales du travail de nutrition. C'est à des actions chimiques du même ordre que paraît devoir être attribuée la production de lumière qui a lieu chez quelques Animaux, et par conséquent, avant de passer à l'étude de questions d'un autre ordre, je crois devoir dire quelques mots de ce phénomène remarquable, au sujet duquel je serai cependant bref, parce que nous n'en avons qu'une connaissance fort incomplète.

Production de lumière par les Animaux.

On désigne communément sous le nom de *phosphorescence*, la lueur plus ou moins vive dont brille le corps de divers Animaux, soit pendant la vie, soit après la mort, lorsque leur substance se putréfie. Chez les Poissons, les altérations cadavériques sont souvent accompagnées d'une émission de lumière (1), et ce phénomène paraît être dû à la formation lente

Phosphorescence due à la putréfaction.

(1) Ce fait n'avait pas échappé à l'attention de Redi (*a*), et le physicien Canton en fit l'objet de quelques expériences intéressantes. Il a constaté que le corps de divers Poissons récemment morts, le Merlan et le Hareng, par exemple, devient lumineux après avoir séjourné pendant quelques heures dans de l'eau de mer, et communique sa phosphorescence à ce liquide. L'émission de lumière avait lieu principalement à la surface, au contact de

(*a*) F. Redi, *De Animalculis vivis quæ in corporibus Animalium vivorum reperiuntur observationes* (*Opusculorum pars tertia*, p. 15, édit. de Coste, 1729).

de petites quantités d'hydrogène phosphoré qui brûle à l'air, et qui résulte de la décomposition des matières organiques phosphorées des tissus des Animaux par de l'hydrogène naissant (1).

Il est probable que le dégagement de lumière qui a souvent lieu pendant la putréfaction des débris organiques de beaucoup d'autres Animaux marins est déterminé par des phénomènes de combustion du même ordre (2), et que parfois la phospho-

l'air, mais des traînées brillantes se manifestaient partout où l'on agitait le liquide avec un bâton. Ces phénomènes ne furent pas déterminés par la macération de ces cadavres dans de l'eau douce, mais ils se sont montrés avec beaucoup d'intensité lorsque le corps d'un Hareng en voie de décomposition fut placé dans une dissolution de sel marin. Dans une des expériences de Canton, la phosphorescence obtenue ainsi par la putréfaction lente d'un Poisson dans de l'eau de mer dura pendant toute une semaine (*a*). J'ai souvent remarqué des phénomènes analogues en observant des cadavres de Méduses et d'autres Animaux marins.

(1) M. Mulder a publié dernièrement des expériences intéressantes sur ce sujet, et il a fait voir que les phénomènes de phosphorescence en question ne dépendent pas de l'existence de phosphore à l'état de liberté; ils sont toujours accompagnés d'un dégagement abondant d'ammoniaque, et paraissent être dus au dégagement d'un composé d'hydrogène phosphoré qui, au contact de l'air, brûlerait spontanément (*b*).

(2) Il me semble probable que les points lumineux observés par Quoy et Gaimard à la surface de parties ulcérées de la peau du dos chez une Tortue de mer vivante dont on avait enlevé les écailles, dépendaient de quelque phénomène chimique du même ordre (*c*).

Je pense aussi qu'il faut attribuer à une cause analogue la lumière que l'urine humaine, la sueur et d'autres sécrétions répandent dans quelques cas pathologiques très rares (*d*), ainsi que la phosphorescence de l'urine de quelques Animaux, tels que la Moufette d'Amérique (*e*).

(*a*) J. Canton, *Experiments to prove that the Luminousness of the Sea arises from the Putrefaction of animal Substances* (*Philos. Trans.*, 1760, t. LIX, p. 446).

(*b*) Mulder, *Natürliches und künstliches Phosphoresciren von Fischen* (*Archiv für die Holländischen Beiträge zur Natur und Heilkunde*, 1860, t. II, p. 398).

(*c*) Quoy et Gaimard, *Observations sur quelques Mollusques et Zoophytes considérés comme causes de la phosphorescence de la mer* (*Ann. des sciences nat.*, 1825, t. IV, p. 8).

(*d*) Heinrich, *Die Phosphorescenz der Körper*, p. 384.

— Driessen, *Dissert. de phosphuria et diabete mellito*. Göttingen, 1819, p. 28.

— Treviranus, *Biologie*, t. IV, p. 604, et t. V, p. 384.

— Watson, *Case of Luminous Breath* (*The Lancet*, 1845, t. I, p. 11).

(*e*) Azara, *Essai sur l'histoire naturelle des Quadrupèdes du Paraguay*, t. I, p. 213.

— Langsdorf, *Reise um die Welt*, 1812, t. II, p. 184.

rescence qui se fait remarquer sur les plages sablonneuses baignées par la mer, dépend de la présence de pareils débris en voie de décomposition (1); mais, dans l'état actuel de la science, nous n'avons pas une explication aussi satisfaisante de la phosphorescence des Animaux vivants, et, bien que dans certains cas ce phénomène semble être une conséquence de la combustion de matières sécrétées par l'organisme et susceptibles de devenir lumineuses au contact de l'oxygène, il est d'autres circonstances dans lesquelles les choses pourraient bien ne pas se passer de la même manière. Pour étudier fructueusement les causes de la phosphorescence des Animaux, il faut donc ne pas vouloir généraliser prématurément les résultats fournis par la constatation de quelques faits particuliers, et examiner successivement les différents cas dans lesquels cette émission de lumière a lieu.

Phosphorescence physiologique.

Insectes lumineux.

Quelques Insectes possèdent, comme chacun le sait, à un haut degré cette faculté singulière, et c'est par les expériences dont ils ont été l'objet qu'on est parvenu à entrevoir la nature de ce phénomène remarquable. Tels sont les Lampyres ou Vers luisants, ainsi nommés parce que la phosphorescence est beaucoup plus intense chez la femelle que chez le mâle, et que dans l'espèce qui abonde dans nos campagnes la première

Lampyres, etc.

(1) Quelques auteurs ont attribué à une cause analogue la phosphorescence des eaux de la mer, qui, dans certaines circonstances, semblent être converties en une nappe de feu scintillant et s'illuminent partout où leur surface est agitée par les vagues, par le passage d'un navire, par le choc des rames (a), ou par toute autre cause analogue. Mais, ainsi que nous le verrons bientôt, cette émission de lumière dépend en général, sinon toujours, de la présence d'un nombre incalculable d'animalcules plus ou moins microscopiques qui vivent dans ce liquide, et qui sont eux-mêmes phosphorescents.

(a) Canton, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1769, t. LIX, p. 446).
— Commerson, *Notes inédites*, voyez Lesson, art. PHOSPHORESCENCE DE LA MER (*Dictionnaire des sciences naturelles*, t. XL, p. 46).
— Becquerel, *Traité de physique considérée dans ses rapports avec la chimie et les sciences naturelles*, 1844, t. II, p. 180.

reste toujours privée d'ailes et ressemble à une larve vermiforme. Dans le midi de l'Europe il en existe une autre espèce du même genre, dont les deux sexes sont ailés (1), et en voltigeant dans l'atmosphère, ces Insectes produisent pendant les belles nuits de l'été une illumination mobile d'un effet charmant (2); mais ces Coléoptères sont beaucoup moins brillants que quelques insectes phosphorescents qui appartiennent à la famille des Taupins ou Élatères, et qui habitent les parties tropicales de l'Amérique, où ils sont connus sous le nom de *Cucujos* (3). On assure que la lumière émise par ceux-ci est tellement vive, que non-seulement elle a été souvent utilisée par les voyageurs pour s'éclairer pendant la

(1) Ces Insectes phosphorescents que les Italiens appellent des *Luccioli*, et que les entomologistes désignent sous le nom de *Lampyris italica*, sont le λαμπυρίς dont parle Aristote, et le *Cicindela* de Pline. L'espèce que l'on rencontre dans les campagnes des environs de Paris, ainsi qu'en Angleterre et en Suède, est le *Lampyris noctiluca*; et il existe en Europe deux autres espèces du même genre, savoir : le *L. splendidula*, qui est commun en Allemagne, et le *L. hemiptera* qui se trouve plus au midi. On connaît aussi un grand nombre d'espèces exotiques du genre *Lampyris* ou des autres petits groupes génériques établis par les entomologistes aux dépens de la famille des Lampyrides, et il est probable que toutes sont plus ou moins phosphorescentes. Le *Lampyris hemiptera* ne brille que d'un éclat très faible (*a*), mais n'est pas privé de la faculté d'émettre de la lumière, ainsi que quelques auteurs l'avaient supposé. L'espèce qui habite la Corse paraît être distincte des précédentes et a reçu le nom de *Lampyris bicarinata* (*b*).

(2) Dans quelques cas très rares on a vu les Vers luisants briller jusqu'en hiver, même en Allemagne (*c*).

(3) Le Taupin cucujo, ou *Elater noctilucus*, Lin., a près de 3 centimètres de long (*d*). On a donné le nom d'*Elater phosphorinus* à une autre espèce du même genre qui brille aussi dans l'obscurité, mais qui est beaucoup moins grande, et qui se trouve à Cayenne (*e*).

(*a*) Helbeg, *Merkwürdige Beobachtung von Johanniswürmchen* (Voigt's *Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde*, 1805, t. IX, p. 166).

(*b*) Mulsant et Reveillère, *Description d'une nouvelle espèce du genre Lampyris* (*Ann. de la Société linnéenne de Lyon*, 2ᵉ série, 1860, t. VI, p. 146).

(*c*) P. Müller, *Beitr. zur Naturgesch. des halbdekkigen Leuchtkäfers* Lampyris hemiptera (Illiger's *Magazin für Insecktenkunde*, 1805, t. IV, p. 175).

(*d*) Voyez Olivier, *Entomologie*, COLÉOPTÈRES, t. II, n° 31, pl. 2, fig. 14 *a*.

(*e*) Idem, *ibid.*, fig. 14 *b*.

nuit, mais qu'elle peut suffire pour la lecture des plus petits caractères (1).

Chez tous ces Insectes, la production de lumière paraît être localisée dans quelques parties bien circonscrites de l'organisme (2). La position de ces foyers varie ; mais en général, sinon toujours, ils occupent le tronc (3). Chez les Élatères, ils

(1) Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux ouvrages généraux sur l'entomologie (*a*).

(2) Quelques auteurs pensent que chez les grands Élatérides phosphorescents de l'Amérique tropicale, la production de lumière a réellement lieu dans toutes les parties de l'organisme, et qu'elle est seulement masquée dans la majeure partie de la surface du corps par l'opacité des téguments (*b*). Mais M. Lacordaire, qui a eu l'occasion d'étudier ces beaux Coléoptères à l'état vivant, assure qu'il n'en est pas ainsi, et que la production de lumière est circonscrite dans trois points, dont deux occupent la face dorsale du prothorax et un la partie inférieure et postérieure du mésothorax. Quand l'Insecte est au repos, ce dernier foyer n'est pas visible, mais pendant le vol l'abdomen, s'écartant un peu du thorax, laisse à découvert une dépression triangulaire qui brille d'un éclat assez vif (*c*). Suivant Sloane (*d*) et Lees (*e*), il y aurait aussi émission de lumière par la face dorsale de l'abdomen, mais ce dernier foyer ne deviendrait visible que quand les élytres se relèvent. M. Burmeister parle aussi de la phosphorescence de cette partie du corps (*f*) ; mais je dois ajouter que les observations de M. Lacordaire sont en parfait accord avec celles faites vers le milieu du siècle dernier, par Fougeroux (*g*).

(3) Les exceptions à cette règle sont douteuses. D'après Afzelius, le *Paussus sphærocerus*, qui habite la côte de Guinée, émettrait une faible lueur par la massue arrondie qui termine ses antennes (*h*).

Suivant Sibille Mérian, le grand prolongement vésiculaire qui surmonte la tête du *Fulgora lanternaria* d'Amérique serait très phosphorescent (*i*) ; mais cette assertion a été

(*a*) Kirby and Spence, *An Introduction to Entomology*, 1817, t. II, p. 409.
— Lacordaire, *Introduction à l'entomologie*, t. II, p. 140.

(*b*) Brown, *Natural History of Jamaica*, p. 432.

(*c*) Lacordaire, *Mémoire sur les habitudes des Insectes Coléoptères de l'Amérique méridionale* (*Ann. des sciences nat.*, t. XX, p. 241).

(*d*) Sloane, *A Voyage to the Islands of Madera, Jamaica, etc.*, 1725, t. II, p. 206.

(*e*) Voyez Curtis, *An Account of* Elater noctilucus (*The Zoological Journal*, 1828, t. III, p. 381).

(*f*) Burmeister, *Handbuch der Entomologie*, t. I, p. 535.

(*g*) Fougeroux, *Mém. sur un Insecte de Cayenne appelé Maréchal, et sur la lumière qu'il donne* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1766, p. 341).

(*h*) Afzelius, *Observ. on the genus* Paussus (*Trans. of the Linnean Society*, 1798, t. IV, p. 261).

(*i*) Mérian, *Dissertation sur la génération et les métamorphoses des Insectes de Surinam*, 1726, p. 49.

sont logés dans le thorax, et deux d'entre eux correspondent à une paire de grandes taches ovalaires situées sur la face supérieure du premier anneau de cette région du corps (1) ; mais chez les Lampyres ils occupent la partie inférieure de l'abdomen (2). Leur nombre varie suivant les sexes aussi bien que suivant les espèces. Chez le Lampyre noctiluque de nos campagnes, le mâle ne présente qu'une paire de points faiblement lumineux, qui occupent le pénultième segment abdominal. Chez la femelle, les trois derniers anneaux du corps brillent d'un éclat très vif (3).

révoquée en doute par plusieurs voyageurs, tels que le célèbre botaniste Richard (*a*), Sieber (*b*), le prince de Neuwied, Doubleday et M. Lacordaire (*c*). Je dois ajouter cependant qu'un voyageur belge, M. Linden, assure avoir vu un de ces Insectes briller dans l'obscurité (*d*).

Le *Fulgora candelaria* de la Chine (*e*) et le *Fulgora pyrrhorhynchus* de l'Inde sont considérés aussi par quelques auteurs comme ayant la tête phosphorescente, mais cette opinion n'est pas suffisamment fondée.

Il est aussi à noter que Latreille (*f*) parle de la phosphorescence de la tache ocellée qui se voit sur chacun des élytres d'un Bupreste de l'Inde (le *B. ocellata*), mais son opinion était probablement fondée sur quelque renseignement inexact.

(1) Sur les individus desséchés que l'on voit dans les collections entomologiques, ces taches sont d'une couleur jaunâtre (*g*).

(2) Suivant M. Maille, la totalité du corps serait phosphorescente chez le Lampyre noctiluque pendant que cet Insecte est à l'état de nymphe (*h*), mais cela me paraît peu probable.

(3) La phosphorescence existe chez les larves des Lampyres aussi bien

(*a*) Voyez Olivier, *Observations sur le genre Fulgore* (*Choix de mémoires sur divers objets d'histoire naturelle, ou Journal d'histoire naturelle*, par Lamarck, etc., 1792, t. I, p. 31). — *Encyclopédie méthodique : Histoire naturelle des Insectes*, t. VI, p. 562.

(*b*) Voyez Hoffmannsegg, *Ueber das Leuchten der Fulgoren* (*Mag. der Gesellsch. der naturforsch. Freunde zu Berlin*, 1807, t. I, p. 153).

(*c*) Maximilien Prinz zu Wied Neuwied', *Reise nach Brasilien*, 1820, t. II, p. 111.

— Lacordaire, *Introduction à l'entomologie*, t. II, p. 143.

— Doubleday, etc., *Discussion on the Luminosity of* Fulgora candelaria *Entomological Magazine*, 1836, t. III, p. 45 et 105).

(*d*) Westmael, *Sur la phosphorescence du Fulgore porte lanterne* (*l'Institut*, 1837, t. V, p. 259).

(*e*) Voyez *Règne animal* de Cuvier, 2e édit., t. IV, p. 447.

(*f*) Voyez Cuvier, *Règne animal*, t. IV, p. 447.

(*g*) Voyez Olivier, *Observ. sur le genre Fulgore* (*Choix de mémoires sur divers objets d'histoire naturelle, ou Journal d'histoire naturelle* par Lamarck, etc., 1792, t. I, p. 31).

(*h*) M*** (de Rouen), *Note sur les habitudes naturelles des larves de Lampyre* (*Ann. des sciences nat.*, 1826, t. VII, p. 355).

Chez tous les Insectes où les points phosphorescents ont été l'objet d'observations anatomiques (1), on a constaté que la lumière émanait d'un tissu pulpeux et jaunâtre qui se trouve appliqué contre une portion transparente du squelette tégumentaire, et qui est entremêlé d'une multitude de filaments blanchâtres constitués par des ramifications du système trachéen (2). La structure de ces organes, chez le Lampyre, a été étudiée récemment par M. Kölliker (3).

que chez les individus adultes, mais elle est faible chez les premières (*a*). Elle a été observée même dans les œufs de ces Insectes (*b*).

(1) Parmi les naturalistes qui, dans ces derniers temps, se sont occupés de l'étude anatomique de ces organes, je citerai principalement M. Peters, de Berlin, M. Fr. Leydig et M. Kölliker (*c*).

(2) Treviranus pensait que la production de lumière n'était localisée dans aucun organe particulier, et avait son siége dans le tissu graisseux interviscéral (*d*), mais cette opinion n'est pas fondée.

(3) Chez le Lampyre italique, l'appareil phosphorescent occupe la face inférieur de l'antépénultième et du pénultième anneau de l'abdomen; il est séparé de l'intestin par une pelote de graisse blanche, et consiste en une paire d'amas de corpuscules arrondis, jaunes, fortement serrés les uns contre les autres et entremêlés de nombreuses ramifications de tubes aérifères.

Un naturaliste italien, Carrera, avait cru trouver chez ces Insectes un sac aérien particulier qui, en partant de la tête, se serait rendu à l'appareil lumineux (*e*); mais c'était probablement le tube intestinal qu'il avait sous les yeux, et cet organe ne communique pas avec le foyer phosphorescent (*f*).

Chez le *Lampyris splendidula* mâle, les organes phosphorescents sont également au nombre de deux, et correspondent aux taches blanchâtres qui se voient à la face ventrale des sixième et septième segments de l'abdomen. Chez la femelle, l'organe phosphorescent du sixième anneau est double, et

(*a*) Degeer, *Mém. sur un Ver luisant femelle et sur sa transformation* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, 1755, t. II, p. 269).

(*b*) Diekhoff, *Ueber das Leuchten der Lampyris arten* (*Stettiner entomologische Zeitung*, 1842, t. III, p. 118).

(*c*) Peters, *Ueber das Leuchten der* Lampyris italica (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1841, p. 229; — *Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1842, t. XVII, p. 254).

— Fr. Leydig, *Lehrbuch der Histologie*, 1857, p. 343, fig. 183.

— Kölliker, *Ueber die Leuchtorgane von Lampyris* (*Verhandl. der Würzburg. phys.-med. Gesellsch.*, 1858, t. VIII, p. 217). — *Preliminary Observ. on the Luminous Organs of Lampyris* (*Quarterly Journal of Microscopical Sciences*, 1858, t. VIII, p. 166).

(*d*) Treviranus, *Ueber das Leuchten der* Lampyris splendidula (*Vermischte Schriften*, 1816, t. I, p. 87).

(*e*) Carrara, *Sur la phosphorescence du Lampyre italique* (*l'Institut*, 1836, t. IV, p. 444).

(*f*) Voyez Peters, *Op. cit.*

Cause de la production de lumière.

§ 2. — L'émission de lumière est tantôt continue, d'autres fois intermittente (1), et souvent elle paraît être subordonnée à la volonté de l'animal ; mais elle ne dépend d'aucune action vitale, car le tissu qui en est le siége peut continuer à être phosphorescent pendant fort longtemps, après avoir été séparé du corps (2).

Je ne rappellerai pas ici toutes les hypothèses auxquelles les

il existe de chaque côté une série de quatre ou cinq sphérules analogues, qui s'étendent jusque dans le premier anneau de l'abdomen, et ne sont pas toujours disposés symétriquement. Chez le *L. noctiluca* femelle, il y a deux petits organes phosphorescents dans le huitième anneau ou segment terminal, et un beaucoup plus grand dans le pénultième anneau, ainsi que dans l'anneau précédent. Chacun de ces organes est pourvu d'une tunique membraneuse très délicate, et se compose principalement d'un amas compacte de cellules arrondies ou polygonales, dont les unes renferment des granules pâles et délicats à noyau distinct, et les autres des granules blanchâtres. Des filets nerveux se distribuent dans l'intérieur de ces amas d'utricules. Enfin des trachées s'y ramifient en très grand nombre et y forment des anses. Ce sont les cellules pâles qui produisent la lumière, et la matière qu'elles contiennent paraît être albumineuse. Les granules des cellules blanches paraissent être des concrétions d'urate d'ammoniaque (*a*).

(1) Chez le Lampyre italique, l'émission de lumière paraît s'interrompre complétement de temps en temps lorsqu'on l'observe superficiellement, mais dans l'intervalle qui sépare les éclats, une faible lueur persiste dans la partie de l'abdomen correspondante à l'appareil phosphorescent. Lorsque l'Animal brille fortement, il y a aussi des intermittences dans ce phénomène, mais les décharges lumineuses se succèdent avec une très grande rapidité : M. Peters a compté de 80 à 100 de ces éclairs en une minute (*b*).

(2) Sloane raconte qu'en se frottant le visage ou les mains avec un Elater phosphorescent, on peut rendre la peau de ces parties lumineuses comme l'est cet Insecte lui-même (*c*), et Macartney constata que les organes phosphorescents des Lampyres continuaient à briller pendant plusieurs heures après avoir été extraits du corps de ces Animaux (*d*). Plus récemment beaucoup de faits analogues ont été observés par un grand nombre d'autres naturalistes.

(*a*) Kölliker, *Ueber die Leuchtorgane von Lampyris* (*Verhandl. der Würzburg. phys.-med. Gesellschaft*, 1858, t. VIII, p. 1).

(*b*) Peters, *Ueber das Leuchten der* Lampyris italica (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1841, p. 230 ; — *Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1842, t. XVII, p. 254).

(*c*) Sloane, *A Voyage to the Islands of Madera, Jamaica*, etc., 1725, t. II, p. 206.

(*d*) Macartney, *Observ. upon Luminous Animals* (*Philos. Trans.*, 1810, p. 284).

ologistes ont eu recours pour tâcher d'expliquer le phé-
ne de la phosphorescence chez les Insectes. Les uns ont
sé que la lumière répandue dans l'atmosphère pouvait
mmagasinée par ces Animaux, puis dégagée dans l'inté-
de leur organisme; mais il a été facile de constater
imentalement qu'un long séjour dans l'obscurité ne les
che pas de briller de leur éclat ordinaire (1). D'autres
alistes ont pensé que cette phosphorescence était le
tat d'une action nerveuse qui développait de l'électricité (2).
un grand nombre de faits bien constatés tendent à prou-
qu'elle est due à des phénomènes de combustion, et les
rvations qui, au premier abord, semblaient défavorables à
opinion, s'expliquent facilement, aujourd'hui que l'on
aît la structure des organes lumineux.

Macaire, de Genève, qui a fait des expériences intéressantes
ce sujet, a vu que la matière phosphorescente extraite du
s d'un Lampyre s'éteint bientôt, quand, à l'aide de la machine
matique, on la soustrait au contact de l'air, mais qu'elle
e de nouveau si de l'air lui est rendu (3). Ce chimiste a observé

Dans quelques-unes des expé-
s faites par M. Peters, des Lam-
furent trouvés lumineux après
été retenus dans une obscurité
de pendant huit jours (a), et
tteucci a constaté la phosphores-
chez des individus qui avaient
strails à l'action de la lumière
nt neuf jours (b).

Cette opinion a été soutenue
èrement par M. Kölliker. Il s'ap-
principalement sur ce que toute
tion nerveuse, mécanique, chimique ou thermométrique, provoque l'émission de lumière, et qu'un Lampyre phosphorescent placé sur un multiplicateur a déterminé une déviation de l'aiguille aimantée (c). Mais on sait que toute combinaison chimique est accompagnée de phénomènes galvaniques, et par conséquent le fait de la combustion physiologique suffirait pour produire ce résultat.

(3) Macaire, ayant placé un Lampyre dans un tube recourbé, dans lequel le vide avait été fait préalablement, vit

Peters, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1842, t. XVII, p. 255).
Matteucci, *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, 1847, p. 166.
Kölliker, *Ueber die Leuchtorgane von Lampyris* (*Verhandl. der phys. med. Gesellsch. in* *burg*, 1857, p. 392).

des effets analogues en plaçant alternativement la même matière dans des gaz non respirables et dans de l'oxygène (1). Enfin M. Matteucci, ayant placé des fragments de l'abdomen de plusieurs Lampyres dans de l'oxygène, les a vus continuer à briller dans ce gaz comburant pendant quatre jours, tandis que d'autres fragments semblables placés dans de l'acide carbonique ou dans de l'hydrogène s'éteignaient au bout de quelques minutes (2); et ce savant constata aussi que l'air dans lequel la substance lumineuse a conservé pendant longtemps son éclat était dépouillé d'une partie de son oxygène, et devenu impropre à l'entretien de la combustion (3). On a vu aussi que la phosphorescence de cette matière augmente lorsque la température s'élève un peu, mais cesse lorsque la chaleur atteint environ 50 degrés (4).

l'Animal périr bientôt, et ne plus émettre de lumière lors même qu'on le réchauffait doucement; mais ayant ensuite laissé rentrer de l'air dans le tube, le corps du Lampyre brilla aussitôt d'un éclat très vif. En faisant imparfaitement le vide dans un tube rempli d'air et contenant un de ces Coléoptères, le même auteur vit la phosphorescence diminuer peu à peu, et enfin cesser entièrement pour reprendre avec éclat dès que l'on faisait rentrer de l'air dans l'appareil. Cette expérience peut être répétée plusieurs fois avec succès sur le même individu.

(1) En plaçant dans de l'oxygène des Lampyres phosphorescents, Macaire vit leur éclat augmenter pendant un certain temps, mais cesser bientôt après (*a*). Suivant ce chimiste, le gaz protoxyde d'azote produit le même effet sur ces Insectes (*b*).

(2) M. Matteucci a remarqué que les Lampyres périssent et cessent de briller plus promptement dans l'acide carbonique que dans l'hydrogène. Les segments lumineux placés dans l'oxygène y ont brillé trois fois plus longtemps que dans l'air atmosphérique (*c*).

(3) Cette absorption d'oxygène est plus considérable lorsqu'on opère sur des Lampyres vivants que lorsqu'on fait usage des segments phosphorescents de leur abdomen séparés du reste du corps (*d*).

(4) Macaire constata que la substance phosphorescente des Lampyres augmente d'éclat lorsqu'on la chauffe jusqu'à environ 32 degrés Réaumur,

(*a*) Macaire, *Op. cit.* (*Ann. de chimie et de physique*, 1821, t. XVII, p. 260).

(*b*) Idem, *ibid.*, p. 261.

(*c*) Matteucci, *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, p. 160.

(*d*) Idem, *ibid.*

Les expériences dans lesquelles on agit sur des Lampyres intacts et vivants ne donnent pas toujours des résultats aussi nets, et l'on conçoit facilement qu'il doit en être ainsi, car les tubes respiratoires qui se répandent en grand nombre dans les organes dont la lumière émane, contiennent de l'air; par conséquent, lorsque l'Animal est plongé dans un gaz impropre à l'entretien de la combustion, l'oxydation de la matière phosphorescente peut continuer d'avoir lieu pendant un temps plus ou moins long à l'aide de l'air emmagasiné dans le corps. Il me paraît probable que c'est aussi à raison de la présence de l'air dans les trachées capillaires autour desquelles se trouvent groupées les utricules du tissu phosphorescent, que même des fragments du corps d'un Lampyre peuvent continuer à émettre de la lumière pendant quelques minutes, lorsqu'ils sont plongés dans de l'eau ou dans un gaz non respirable (1).

Nous ne savons encore que très peu de chose sur la nature de la matière dont la combustion paraît être la cause de la phosphorescence des Lampyres. On n'a pu y découvrir aucune trace de phosphore (2), et les produits de son

Nature de la substance phosphorescente des Lampyres

mais que si l'on élève davantage la température, la lumière diminue et devient rougeâtre; enfin qu'elle s'éteint tout à fait à 42 degrés Réaumur, c'est-à-dire entre 54 et 55 degrés centigrades (a).

(1) M. Matteucci a constaté que des fragments de Lampyres qui pendant quelques minutes avaient continué à briller, lorsqu'ils étaient placés dans de l'hydrogène très pur, y avaient exhalé une certaine quantité de gaz acide carbonique (b).

(2) Quelques recherches chimiques faites par M. Schnetzler, de Vevey, avaient conduit cet auteur à penser que la substance lumineuse des Lampyres contenait de la graisse et du phosphore (c). Mais les résultats qu'il a obtenus ne suffisent pas pour autoriser cette conclusion (d), et ne sont pas en accord avec les faits constatés

(a) Macaire, *Op. cit.* (*Ann. de chimie et de physique*, 1821, t. XVII, p. 263).

(b) Matteucci, *Op. cit.*, p. 164.

(c) Schnetzler, *De la production de la lumière chez les Lampyres* (*Bibliothèque universelle de Genève. Arch. des sciences ph.*, 1855, t. XXX, p. 223).

(d) Blanchet, *De la production de la lumière chez les Lampyres* (*Bibliothèque universelle de Genève*, 1856, t. XXXI, p. 213).

oxydation paraissent être de l'acide carbonique seulement. Elle est très altérable, et elle perd facilement la faculté de développer de la lumière. Ainsi, sous l'influence d'une légère élévation de température, l'éclat qu'elle répand augmente d'intensité; mais pour peu que la chaleur dépasse 45 degrés, elle cesse de briller et devient pour toujours incapable de produire de la lumière (1). Le froid diminue la phosphorescence, mais ne la détruit pas radicalement, et elle reparaît sous l'influence d'une élévation convenable de température (2).

par M. Matteucci. Effectivement, ce savant a trouvé que la totalité de l'oxygène absorbé par la matière phosphorescente est remplacée par de l'acide carbonique. Il a constaté aussi que le résidu laissé par la combustion de cette substance ne donne lieu à aucune des réactions qui caractérisent les produits contenant du phosphore (*a*).

(1) Lorsque la substance phosphorescente a été modifiée de la sorte par l'action de la chaleur, elle cesse aussi d'être apte à fixer de l'oxygène, comme elle le fait dans les circonstances ordinaires (*b*).

(2) En soumettant à l'action d'un froid artificiel des Lampyres vivants, Macaire vit toujours la lumière de ces Insectes diminuer peu à peu, et s'éteindre lorsque la température était descendue à environ 12 degrés centigrades. Ces Animaux mouraient à 0 degré, mais il suffisait de réchauffer leur corps à 30 ou 32 degrés pour les voir luire de nouveau. Macaire constata aussi qu'une certaine élévation de température peut provoquer l'émission de lumière chez des Lampyres vivants qui ont cessé d'être phosphorescents. Ainsi un de ces Insectes qui était obscur, et qui fut placé dans de l'eau à environ 14 degrés, redevint brillant quand, en chauffant le liquide, on en avait porté la température à environ 26 degrés, et, sous l'influence d'une chaleur plus forte, il augmenta d'éclat jusqu'à ce que la température eût atteint environ 41 degrés; lorsqu'on chauffa davantage cette eau, l'Animal mourut, mais continua d'être phosphorescent et ne cessa de luire qu'à environ 57 degrés centigrades (*c*). Dans les expériences faites par M. Matteucci sur le Lampyre italique, les effets du froid ne furent pas aussi intenses : à environ 0 degré, la lumière, quoique faible, était visible, mais elle s'éteignit au bout de quelques minutes dans un mélange réfrigérant où le thermomètre marquait — 6 degrés. Ce physicien con-

(*a*) Matteucci, *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, p. 170.
(*b*) Idem, *ibid.*, p. 161.
(*c*) Macaire, *Op. cit.* (*Ann. de chimie et de physique*, 1821, t. XVII, p. 257).

Le chlore, l'acide sulfureux, la potasse, l'alcool, l'éther et beaucoup d'autres agents chimiques privent immédiatement cette substance de ses propriétés phosphorescentes et en déterminent la coagulation. Il est aussi à noter qu'elle se dissout dans la potasse, ainsi que le font les matières albumineuses (1), et qu'en brûlant, elle donne naissance à des produits ammoniacaux, ce qui indique qu'elle contient de l'azote. Mais lorsqu'on la soumet à l'action de l'acide sulfurique et du sucre, elle ne se comporte pas comme l'albumine, qui dans ces circonstances se colore en rouge (2). Quelques auteurs ont pensé qu'elle était un corps gras, mais elle n'est pas comme ceux-ci susceptible de se dissoudre ni dans l'huile, ni dans l'éther (3).

C'est une substance organique azotée et riche en carbone, qui est sécrétée par le tissu granuleux dont se composent les organes phosphorescents, et il est assez probable qu'elle doit sa phosphorescence à quelques propriétés analogues à celles qui donnent à certains bois pourris et à quelques autres substances carbonées la faculté de brûler spontanément à l'air, et de jeter un éclat plus ou moins vif par l'effet de cette combustion.

stata aussi que l'intensité de la lumière émise par ces Lampyres augmentait à mesure que la température se rapprochait de 30 degrés Réaumur, c'est-à-dire 37°,5 centigrades; qu'alors elle cessait d'être intermittente et devenait continue. Lorsqu'il chauffa davantage, la lueur devenait rougeâtre, et à 40 degrés Réaumur la phosphorescence se perdait complétement. Les résultats furent absolument les mêmes, soit que M. Matteucci opérât sur des individus vivants, soit qu'il ne fît usage que de fragments du corps de ces Insectes contenant les organes phosphorescents (a).

(1) La plupart de ces faits ont été constatés par Macaire.

(2) M. Matteucci a constaté que la substance phosphorescente des Lampyres n'est ni acide, ni alcaline, et qu'elle ne se dissout ni dans l'alcool, ni dans l'éther.

(3) Macaire considérait la substance phosphorescente comme étant composée principalement d'albumine (b).

(a) Matteucci, *Op. cit.*, p. 154 et suiv.
(b) Macaire, *loc. cit.*, p. 257.

Phosphorescence chez les Myriapodes et les Crustacés.

§ 3. — La faculté d'émettre de la lumière n'appartient pas seulement aux Lampyres et aux Taupins dont je viens de parler : elle se fait remarquer chez d'autres Insectes (1), chez un petit nombre de Myriapodes (2), et chez divers Crustacés

(1) Exemples : le *Thyréophore cynophile* (*a*) et la Chenille de la *Noctua occultata* (*b*). Lamarck pense que la phosphorescence pourrait bien exister aussi chez le *Chiroscilis bifenestrata* (*c*), et nous avons déjà vu que la faculté de briller dans l'obscurité a été également attribuée aux Fulgores, au Bupreste ocellé et au *Paussus sphærocerus* (voyez pages 97 et 98).

Suivant Kirby et Spence, des phénomènes de phosphorescence auraient été observés aussi chez le *Gryllotalpa vulgaris* (*d*) ; mais cela me paraît fort douteux. On a parlé aussi d'un Scarabée phosphorescent comme existant dans le midi de la France (*e*).

(2) Au XVI[e] siècle, Oviedo, l'un des compagnons de Christophe Colomb, mentionna l'existence de Myriapodes lumineux à Saint-Domingue (*f*). Carmann, Ray et Réaumur parlèrent également de la phosphorescence de certains Millepieds d'Europe (*g*), et c'est à raison de cette propriété que Linné donna à l'un de ces Animaux le nom de *Scolopendra electrica* (*h*). De nos jours plusieurs naturalistes ont observé des Géophiles qui étaient lumineux (*i*) ; mais on ne sait pas si ces Scolopendrides appartiennent réellement à l'espèce lumineuse dont il vient d'être question. Linné a donné le nom de *Scolopendra phosphorea* à un Myriapode de la même famille, qui, dit-il, brille comme les Lampyres (*j*).

Suivant quelques naturalistes, la phosphorescence s'observerait aussi dans la classe des Arachnides. Ainsi Grimm dit qu'en comprimant le corps des Scorpions de Ceylan, on en fait sortir un liquide phosphorescent (*k*), et Tilesius a figuré parmi les Animaux qui contribuent à rendre la mer lumi

(*a*) Voyez Latreille, art. THYRÉOPHORE du *Dictionnaire classique d'histoire naturelle*, t. XVI, p. 244.

(*b*) Gimmerthal, *Observ. sur la métamorphose de certains Diptères, et sur la phosphorescence d'une Chenille de Noctuelle* (*Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou*, 1829, t. V, p. 136).

(*c*) Lamarck, *Sur deux nouveaux genres d'Insectes de la Nouvelle-Hollande* (*Ann. du Muséum*, t. III, p. 262).

(*d*) Kirby and Spence, *An Introduction to Entomology*, 1817, t. II, p. 421.

(*e*) Luce, *Description d'un Insecte phosphorique qu'on rencontre dans le district de Grasse* (*Journal de physique*, 1794, t. XLIV, p. 300).

(*f*) Oviedo, *Coronica de las Yndios*, lib. XV, cap. II, p. 13.

(*g*) Garmann, *De luce Scolopendræ innotæ* (*Ephem. naturæ curiosorum*, 1670, dec. 1, ann. 1, p. 270).

— Ray, *Historia Insectorum*, p. 45.

— Réaumur, *Des merveilles des Dails* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1723, p. 204).

(*h*) Linné, *Systema naturæ*, edit. 12, t. I, p. 1063.

(*i*) Newport, *Monogr. of the Class Myriapoda* (*Trans. of the Linnean Society*, t. XIX, p. 431).

— Audouin, *Remarques sur la phosphorescence de quelques Animaux articulés* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1840, t. XI, p. 748).

(*j*) Linné, *Systema naturæ*, edit. 12, t. I, p. 1064.

(*k*) H. N. Grimm, *Sur des Vers luisants* (*Ephém. des curieux de la nature*, déc. 2, ann. 1, obs. 172).

eurs (1), ainsi que chez beaucoup de Vers qui appar- ent pour la plupart à la classe des Annélides (2); chez Les Vers.

quelques Articulés qui parais- re des Hydrachnés (a).
'ers le milieu du siècle dernier, m de Rivilie observa en haute de petits Crustacés qui étaient osphorescents, et qui, à en ju- r les figures qu'il en donna, de- appartenir à la famille des iens (b).
lques-unes des espèces du genre irina sont très lumineuses (c), t probablement un de ces Ani- qui a été figuré par Macartney : nom erroné de *Limulus noc- s* (d); mais la plupart des espèces groupe ne paraissent pas avoir lté d'émettre de la lumière (e). al phosphorescent que Tilesius dé l'*Oniscus fulgens* (f), est lement aussi une Sapphirine. Ce ur mentionne également di- espèces de la famille des Cyclo- et des Hypériniens comme nant à produire la phospho- ce de la mer. Viviani a constaté n développement de lumière chez diverses espèces de Crevettines (g). Le même phénomène a été observé par plusieurs naturalistes chez certains Décapodes macroures de la famille des Salicoques ou des groupes voisins : par exemple, chez un Crustacé pélagique que Banks appela *Cancer fulgens* (h), et que Thompson a figuré de nouveau sous le nom de *Noctiluca* (i); chez le *Symphysopus hirtus*, le *Palæmon noctilucus*, et quelques autres espèces indéterminables dont Tilesius a donné des figures (j).

Les petits Crustacés dont les zoologistes ont formé les genres *Phosphotocarcinus* (k), ou *Leucifer*, et *Podopsis* (l), contribuent aussi à rendre la mer lumineuse.

(2) Vers le milieu du siècle dernier, Vianelli, en observant la phosphorescence des lagunes de Venise, trouva que ce phénomène était dû à la présence d'animalcules vermiformes qui émettent de la lumière (m), et Griselini, qui les désigna sous le nom de Scolopendres marines, en donna une

ilesius, *Ueber das nächtliche Leuchten des Meereswassers* (*Neue Annalen der Wetterani- esellschaft für die gesammte Naturkunde*, 1818, t. IV, pl. 21 *bis*, fig. 16).
ville, *Mém. sur la mer lumineuse* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, . III, p. 269).
ompson, *Zoological Researches*, p. 47, pl. 8, fig. 2.
acartney, *Observ. upon Luminous Animals* (*Philos. Trans.*, 1810, p. 258, pl. 14, fig. 4).
na, *Crustacea*, t. II, p. 1248 (*United States exploring Expedition under the command of ilkes*).
ilesius, *Op. cit.*, t. IV, p. 7 et suiv., pl. 216, fig. 14, 15, 18, 24, etc.
iviani, *Phosphorescentia maris*, pl. 1, fig. 4, et pl. 2, fig. 2-10.
aird, *On the Luminousness of the Sea* (Loudon's *Mag. of Nat. Hist.*, 1839, t. III, p. 306).
acartney, *loc. cit.*, pl. 14, fig. 4.
uckey, *Whiteness and Luminosity of the Sea* (*Edinb. Philosophical Journal*, 1819, t. I,).
Thompson, *Zoological Researches*, p. 52, pl. 5, fig. 2.
ilesius, *loc. cit.*, pl. 21 *a*, fig. 2; pl. 21 *b*, fig. 19, etc.
ilesius, *Op. cit.* (*Neue Annalen der Wetteranischen Gesellschaft*, t. IV, p. 74, pl. 21 *a*, 10).
hompson, *Op. cit.*, p. 58, pl. 7, fig. 1 et 2.
Vianelli, *Nuove scoperte intorno alle luce notturne dell'aqua marina*, 1749.

Mollusques. certains Mollusques (1), et un grand nombre de Zoophytes dont

figure d'après laquelle on peut les reconnaître pour des Annélides de la famille des Néréidiens (*a*). Bientôt après un voyageur suédois, nommé Adler, constate des faits analogues (*b*). Forskål fit des observations sur des Annélides phosphorescents de la Méditerranée, qu'il désigna sous les noms de *Nereis cœrulea* et *N. pelagica* (*c*). Othon Fabricius constata la même propriété chez un Néréidien des côtes du Groenland (*d*), et au commencement du siècle actuel, Viviani publia un travail spécial sur les Annélides qui contribuent à rendre la mer lumineuse sur la côte de Gênes. La plupart de ces Vers n'ont pas été représentés avec assez de précision pour que l'on puisse les déterminer spécifiquement avec quelque certitude. Mais l'un deux est la Sabelle unispirale (*e*) ; un autre paraît être une *Syllis* (*f*), et un troisième appartient probablement au genre Néréide (*g*).

La phosphorescence a été constatée plus récemment chez le *Polynoe fulgurans* et la *Syllis* que M. Ehrenberg désigne sous le nom de *Photocharis* (*h*), ainsi que chez la *Syllis fulgurans* de Dugès (*i*), et le *Chætopterus pergamentaceus* (*j*).

Viviani a observé des phénomènes de phosphorescence chez un *Turbellaria* qu'il désigne sous le nom de *Planaria retusa* (*k*).

Dans quelques cas le Ver de terre ordinaire, ou Lombric terrestre, présente des phénomènes de phosphorescence (*l*). Il paraît probable que les Vers lumineux observés sur la côte de Coromandel par Grimm étaient des Lombriciens (*m*).

La faculté de développer de la lumière a été constatée aussi chez un petit nombre de Rotateurs, notamment chez le *Synchæta bàltica* (*n*).

(1) Quelques auteurs ont rangé les Poulpes parmi les Animaux phospho-

(*a*) Griselini, *Observ. sur la Scolopendre marine luisante*, 1750, p. 14, pl. 1, fig. 2-5.

(*b*) Adler, *Noctiluca marina* (Linn., *Amœnitates academicæ*, 1764, t. III, p. 202, pl. 3).

(*c*) Forskål, *Descriptiones Animalium quæ in itinere Orientali observavit*, 1775, p. 100.

(*d*) Otto Fabricius, *Fauna Grœnlandica*, 1780, p. 291.

(*e*) Le *Spiragraphis Spallanzani* (Viviani, *Phosphorescentia maris quatuordecim lucentium Animalculorum novis speciebus illustrata*, in-4, 1805, pl. 4.

(*f*) La *Nereis cirrhigena* (Viviani, *Op. cit.*, p. 11, pl. 3, fig. 1, 2).

(*g*) La *Nereis radiata* (Viviani, *Op. cit.*, pl. 3, fig. 5 et 6).

(*h*) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres* (*Mém. de l'Acad. de Berlin pour* 1834, p. 547).

(*i*) Voyez Audouin et Milne Edwards, *Annélides des côtes de la France* (*Ann. des sciences nat.*, 1833, t. XXIX, p. 229).

(*j*) Quatrefages, *Sur la phosphorescence de quelques Invertébrés marins* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1850, t. XIV, p. 240).

(*k*) Viviani, *Op. cit.*, p. 13, pl. 8, fig. 11 et 12.

(*l*) Flaugergues, *Lettre sur le phosphorisme des Vers de terre* (*Journal de physique*, 1780, t. XVI, p. 311).

— Bruguière, *Sur la qualité phosphorescente du Ver de terre en certaines circonstances* (*Journal d'histoire naturelle*, 1792, t. II, p. 267).

— Forester, *Lettre* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1840, t. XI, p. 712).

— Dugès, *Traité de physiologie comparée*, t. II, p. 14.

— Audouin, *Remarques sur la phosphorescence de quelques Animaux articulés* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1840, t. XI, p. 747).

(*m*) H. N. Grimm, *Sur des Vers luisants très rares* (*Éphém. des curieux de la nature*, 1670, déc. 2, ann. 1, obs. 172).

(*n*) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres* (*Mém. de l'Acad. de Berlin pour* 1834, p. 573, pl. 1, fig. 2).

quelques-uns appartiennent à la classe des Échinodermes (1) et d'autres à celle des Infusoires (2), mais dont la plupart sont des Acalèphes, et il y a même des raisons de penser qu'elle peut exister chez tous ces Animaux pélagiques (3). Nous ne savons

Zoophytes.

rescents, mais ces Mollusques à l'état vivant ne semblent pas avoir la faculté de développer de la lumière, et si dans quelques cas ils ont paru brillants dans l'obscurité, cela tenait probablement à la présence de matières étrangères à la surface de leur corps. Il me paraît en être de même pour les Moules qu'Adanson dit avoir trouvées phosphorescentes (a); mais quelques Gastéropodes et beaucoup de Molluscoïdes de la classe des Tuniciens jouissent de cette singulière propriété. Elle existe à un haut degré chez les Pyrosomes (b), et a été constatée chez beaucoup de Biphores (c). D'après quelques auteurs, une espèce de Limace, l'*Helix noctiluca*, brillerait aussi dans l'obscurité (d).

Il est aussi à noter que chez le *Cleodora cuspidata* une lueur bleuâtre est développée dans la région abdominale et apparaît au dehors et au sommet de la coquille (e).

(1) Quelques Zoophytes de la classe des Échinodermes sont phosphorescents ; cette propriété a été observée chez des Ophiures : par exemple, chez une espèce désignée sous le nom d'*Asterias noctiluca* par Viviani (f), et une espèce indéterminée des côtes de la Manche observée par M. de Quatrefages (g).

(2) M. Ehrenberg signale l'existence de cette propriété chez quelques espèces des genres *Peridinium* et *Prorocentrum* (h). D'après Michaelis, elle existerait aussi chez certains Cercaires et Vorticelles (i).

(3) La faculté d'émettre de la lumière est très fréquente, et d'après Eschscholtz elle serait même générale

(a) Voyez Beart de la Taille, *Dissert. de Animalibus phosphorescentibus*. Groningue, 1821.
(b) Peron, *Mém. sur le nouveau genre* Pyrosoma (*Ann. du Muséum*, t. IV, p. 441, pl. 72.
— Meyen, *Ueber das Leuchten des Meeres* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1834, t. XVI, Suppl., p. 127).
— Bennet, *On the Light emitted by a species of* Pyrosoma (*Proceed. of the Zool. Soc.*, 1833, t. I, p. 79). — *On Noctilucæ* (*Op. cit.*, 1837, t. V, p. 51).
— Huxley, *Observ. upon the Anat. and Physiol. of Salpa and Pyrosoma* (*Philos. Trans.*, 1851, p. 580).
(c) Bosc, *Hist. nat. des Vers*, t. II, p. 174.
— Tilesius, *Op. cit.* (*Neue Ann. der Wetteranischen Gesells. für gesamm. Naturkunde*, 1818, t. XLIII, pl. 20 a, fig. 1-9).
— Bennet, *Observ. on the Phosphorescence of the Ocean* (*Proceedings of the Zool. Soc.*, 1837, p. 1).
(d) Webb et Berthelot, voy. Dugès, *Physiologie comparée*, t. II, p. 14.
(e) Bennet, *Observ. on the Phosphorescence of the Ocean, made during a Voyage from England to Sydney* (*Proceedings of the Zool. Soc.*, 1837, p. 51).
(f) Viviani, *Op. cit.*, p. 5, pl. 1, fig. 1 et 2.
(g) Quatrefages, *Note sur un nouveau mode de phosphorescence observé chez quelques Annélides et Ophiures* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1843, t. XIX, p. 183).
(h) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres*, p. 565, pl. 2, fig. 1-6.
(i) Michaelis, *Ueber das Leuchten der Ost-See*, 1830.

que peu de chose sur la nature des phénomènes qui déterminent la phosphorescence de la plupart de ces Animaux ; mais

dans la classe des Acalèphes (*a*) ; elle a été constatée dans les espèces suivantes :

La *Pelagia noctiluca* (*b*), qui est très commune dans la Méditerranée, et qui a été décrite d'abord sous les noms de *Medusa pelagica*, et de *Medusa noctiluca*. La phosphorescence de cet Acalèphe a été étudiée par Forskäl, Spallanzani et plusieurs autres naturalistes (*c*).

La *Pelagia panopyra* (*d*), qui abonde dans les mers tropicales, et qui est très lumineuse (*e*).

La *Pelagia cyanella*, ou *Medusa pelagica* de Lœffling (*f*), qui se trouve dans l'océan Atlantique (*g*), et qui peut-être ne devrait pas être séparée spécifiquement de la précédente.

La *Medusa aurita* (*h*), qui est très commune dans la Méditerranée (*i*) ; l'*Oceania pileata* et l'*Oceania microscopica* (*j*).

L'*Oceania Blumenbachii* (*k*).

La *Cassiopea canariensis*, observée par Tilesius dans l'océan Atlantique (*l*).

La *Medusa pellucens* de Banks (*m*), grande et belle espèce mal caractérisée, qui paraît être voisine des Chrysaores.

Le *Ciarybdis marsupalis* (*n*), qui habite la Méditerranée (*o*).

L'Équorée forskalienne ou *Medusa æquorea* (*p*).

Le *Stomobrachium octodentatum* (*q*), que M. Ehrenberg a décrit sous le nom de *Melicertum campanulatum* (*r*).

Le *Thaumantias hemisphærica* ou *Medusa hemisphærica* des zoologistes du siècle dernier (*s*), petit Acalèphe de nos mers, dont la phosphorescence a été notée par plusieurs auteurs (*t*).

La *Willsia stellata* (*u*), la *Saphe-*

(*a*) Eschscholtz, *System der Acalephes*, 1829, p. 19.

(*b*) Voyez l'*Atlas du Règne animal* de Cuvier, ZOOPHYTES, pl. 44.

(*c*) Forskäl, *Descriptiones Animalium quæ in itinere Orientali observavit*, 1775, p. 109.
— Spallanzani, *Viaggi alle due Sicilie*, 1793, t. IV, p. 216.

(*d*) Péron, *Voyage aux terres australes*, pl. 31, fig. 2.

(*e*) Lesson, *Histoire naturelle des Zoophytes acalèphes*, p. 389.

(*f*) On *Pelagia denticulata*, Brandt, *Schmirmquallen*, pl. 14, fig. 2 (*Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 1838, t. IV).

(*g*) Bosc, *Histoire naturelle des Vers*, t. II, p. 140.
— Lesson, *Op. cit.*, p. 392.

(*h*) Voyez l'*Atlas du Règne animal* de Cuvier, ZOOPHYTES, pl. 48.

(*i*) Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent*, t. I, p. 78.

(*j*) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres* (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1832, p. 538.

(*k*) Rathke, *Beschreibung der Oceania Blumenbachii* (*Mém. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, *Savants étrangers*, t. II, p. 321).

(*l*) Tilesius, *Beitr. zur Naturgesch. der Medusen* (*Nova Acta Acad. nat curios.*, 1831, t. XV, p. 287.)

(*m*) Macartney, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1810, pl. 14, fig. 3).

(*n*) Voyez le *Règne animal*, ZOOPHYTES, pl. 55, fig. 1.

(*o*) Tilesius, voy. Forbes, *Op. cit.*, p. 12.

(*p*) Forskäl, *Op. cit.*, p. 111.

(*q*) Voyez Forbes, *A Monogr. of the British naked-eyed Medusæ*, pl. 4, fig. 1 (*Ray Society*, 1858).

(*r*) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres*, p. 538 (*loc. cit.*). — *Ueber die Acalephen des rothen Meeres*, pl. 8, fig. 5-7 (*Mém. de l'Acad. de Berlin pour* 1835).

(*s*) Voyez O. F. Muller, *Zoologia Danica*, pl. 7, fig. 1-4.

(*t*) Macartney, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1810, p. 264).

(*u*) Forbes, *Monogr. of the British naked-eyed. Medusæ*, p. 20, pl. 1, fig. 1.

chez quelques-uns d'entre eux il est facile de constater que la matière lumineuse est le produit d'une sécrétion, et qu'elle

nia dianema (a) ou *Geronia dianema* de Péron (b), la *Dianema appendiculata* (c) et la *Dianema* ou *Tima Bairdii* (d).

Les *Lizzia octopunctata* (e) et *L. blondina* (f), ainsi que la *Sarsia prolifera* (g), le *Bougainvillia nigritella* (h), la *Steenstrupia rubra* (i) et quelques autres Médusaires gymnophthalmes de nos mers, dont la phosphorescence a été signalée par M. Peach (j).

La phosphorescence a été observée chez la plupart des Acalèphes ciliogrades, notamment chez la *Medusa beroe* de Forskal (k), l'Ocyroé tacheté (l), l'*Eucharis multicornis* (m), le *Cydippe pileus* (n), la *Mnemia norwegica* (o). J'ai observé la même propriété chez la *Chiaja palermitana* (p).

Le même phénomène se manifeste parfois chez les Sertulariens, et, pour le provoquer, il suffit de plonger une branche de ces Zoophytes dans de l'eau douce, ainsi que cela a été constaté chez la *Sertularia abietina* (q) et la *Laomedia gelatinosa* (r).

Quelques Zoophytes de la classe des Coralliaires sont aussi très phosphorescents, notamment les Pennatules (s) et les Vérétilles (t).

(a) Voyez Forbes, *Op. cit.*, pl. 2, fig. 4.

(b) Péron et Lesueur, *Voyage aux terres australes, Hist. nat. des Méduses*, pl. 4, fig. 1.

(c) Macartney. *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1810, p. 266, pl. 18, fig. 7).
— Forbes, *Op. cit.*, p. 14.

(d) Johnston, *Illustr. in British Zoology* (Loudon's *Mag. of Nat. Hist.*, 1833, t. VI, p. 320, fig. 41).

(e) Ou *Cytæis octopunctata* de Sars (*Desk. og Jagt*, pl. 6, fig. 14).

(f) Voyez Forbes, *Op. cit.*, pl. 12, fig. 4.

(g) Idem, *ibid.*, pl. 7, fig. 3.

(h) Idem, *ibid.*, pl. 12, fig. 2.

(i) Idem, *ibid.*, pl. 13, fig. 1.

(j) Peach, *Observ. on the Luminosity of the Sea* (*Ann. and Mag. of Nat. Hist.*, 2e série, 1850, t. VI, p. 425).

(k) Forskål, *Op. cit.*, p. 111.
— Delle Chiaje, *Mem. sulla storia e notomia degli Animali senza vertebre del regno di Napoli*, t. III, p. 58.

(l) Rang, *Établissement de la famille des Béroïdes* (*Ann. de la Société d'histoire naturelle*, 1828, t. IV, p. 173, pl. 20).

(m) Will, *Horæ Tergestinæ*, 1844, p. 57.

(n) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres*, p. 539 (*loc. cit.*).

(o) Forbes, *Op. cit.*, p. 12.

(p) Milne Edwards, *Note sur quelques Acalèphes cténophores* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1857, t. VII, pl. 14).

(q) Forbes, *Op. cit.*, p. 12.

(r) Hassal, *Supplem. to a Catalogue of Irish Zoophytes* (*Ann. and Mag. of Nat. Hist.*, 1841, t. VII, p. 281).

(s) Odhelius, *Chinensia Lagerstromania* (Linné, *Amœnit. acad.*, 1759, t. IV, p. 359).
— Bohadsch, *De quibusdam Animalibus marinis*, 1761, p. 101.
— Grant, *Notice respecting the Structure and Mode of Growth of the* Virgularia *and* Pennatula phosphorea (*Edinburgh Journal of Science*, 1827, t. VII, p. 330).

(t) W. Rapp, *Untersuchungen über den Bau einiger Polypen des Mittelländischen Meeres* (*Nova Acta Acad. nat. curiosorum*, 1829, t. XIV, p. 468).

est susceptible de briller sans le concours d'aucune action vitale. On peut s'en convaincre en observant quelques-uns des Mollusques de nos côtes : les Pholades, par exemple. Ainsi, Pline, en parlant de ces Animaux, qu'il désignait sous le nom de Dactyles, nous dit que non-seulement la substance de leur corps émet de la lumière, mais que le liquide qui s'en écoule lorsqu'on les mange, et qui tombe à terre, présente le même phénomène (1). Réaumur a constaté l'exactitude de ces observations (2), et en plongeant dans de l'alcool faible quelques Pholades de nos côtes qui n'étaient que peu phosphorescentes, j'ai vu un torrent lumineux en descendre et s'étaler en nappe au fond du vase, où il a continué à luire pendant un certain temps.

Phosphorescence de la mer. La phosphorescence de la mer, qui s'observe souvent sur nos côtes, et qui dans les régions tropicales est un des phénomènes les plus magnifiques que les navigateurs puissent contempler, est produite par la présence de légions innombrables de petits Animaux presque microscopiques, qui flottent près de la

(1) Voici textuellement ce passage remarquable de Pline :

« *De Dactylorum miraculis.*

» Concharum e genere sunt dactyli
» ab humanorum unguium similitu-
» dine appellati. His natura in tene-
» bris, remoto lumine, alio fulgore
» claro, et quanto magis humorem
» habeant, lucere in ore mandentium,
» lucere in manibus, atque etiam in
» solo ac veste, decidentibus guttis ;
» ut procul dubio pateat succi illam
» naturam esse, quam miraremur
» etiam in corpore (*a*). »

(2) Réaumur remarque aussi que les fragments séparés du corps des Pholades (ou Dails) vivantes sont lumineux tout comme la surface de leur peau, et que les particules de substance qui s'en détachent lorsqu'on les manie, et qui restent adhérentes aux doigts, non-seulement rendent ceux-ci phosphorescents, mais peuvent même communiquer cette propriété à l'eau dans laquelle les mains ainsi enduites ont été lavées. Ce naturaliste habile nous apprend également que la substance phosphorescente de ces Mollusques cesse de briller quand elle a été desséchée, mais qu'elle peut redevenir lumineuse si on l'humecte de nouveau (*b*).

(*a*) Plinii secundi *Historiarum mundi* liber IX, § LXXXVII, 61.

(*b*) Réaumur, *Des merveilles des Dails, ou de la lumière qu'ils répandent* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1723, p. 198).

surface de l'eau et qui sont autant de foyers lumineux (1). Au nombre de ces êtres singuliers il faut ranger en première ligne les Animalcules gélatineux et réniformes qui ont reçu le nom de *Noctiluques* (2).

Leur structure est très simple. On n'aperçoit dans leur

(1) La phosphorescence de la mer est très fréquente pendant les nuits obscures, sur les côtes méridionales de la France, où les pêcheurs languedociens la désignent sous le nom d'*ardenn* (*a*). Elle n'est pas rare sur les côtes de la Manche, et parfois on l'observe même dans les régions polaires (*b*).

(2) Depuis l'antiquité jusqu'à nos jours le phénomène de l'émission de lumière par la surface de la mer a été signalé ou même décrit avec détail par un grand nombre d'auteurs dont on trouve l'indication dans un mémoire publié sur ce sujet, en 1834, par M. Ehrenberg (*c*).

En 1707, un de nos missionnaires, le père de Bourges, publia une bonne description de cette phosphorescence, et remarqua qu'elle était liée à la présence de matières étrangères d'une consistance gélatineuse (*d*) ; mais il n'examina pas ces substances au microscope, et par conséquent il ne put en reconnaître la véritable nature. Les premières bonnes observations sur les Animalcules qui d'ordinaire produisent cette phosphorescence sur nos côtes datent du milieu du siècle dernier, et sont dues à Vianelli. On donna d'abord le nom de *Noctiluques* à la plupart de ces petits êtres, et c'est de nos jours seulement qu'il a été réservé au genre particulier de Zoophytes dont je parle ici. Vers la même époque, Rigault et Diquemare les firent connaître (*e*), et Slabber, qui les désigna sous le nom de *Nier-Kwal*, c'est-à-dire Méduse réniforme, en donna une meilleure figure (*f*). Plus récemment, Suriray, médecin au Havre, étudia à son tour ces Animalcules lumineux, mais il se forma des idées très fausses touchant leur structure intérieure (*g*), et ce fut d'après ses vues que Lamarck et Blainville placèrent le genre Noctiluque à côté des Béroés, dans la grande division des Radiaires mollasses (*h*), ou auprès

(*a*) Dunal, *Note sur la phosphorescence de la mer dans les environs de Montpellier* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1838, t. VI, p. 83).

(*b*) Robert, *Phosphorescence de la mer dans les climats froids* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1838, t. VI, p. 518).

(*c*) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres. Neue Beobachtungen nebst Uebersicht der Hauptmomente der geschichtlichen Entwicklung dieses merkwürdigen Phänomens* (*Abhandlungen der Akad. der Wissenschaften zu Berlin, aus* 1834, p. 411).

(*d*) Voyez *Choix des Lettres édifiantes* (édit. de 1826), t. VIII, p. 174 et suiv.

(*e*) Diquemare, *Observ. sur la lumière dont la mer brille souvent pendant la nuit* (*Journal de physique*, 1775, t. VI, p. 519, pl. 2, fig. 8).

(*f*) Slabber, *Naturkundige Verlustigungen*, 1778, p. 67, pl. 8, fig. 4 et 5.

(*g*) Les observations de ce naturaliste furent présentées à l'Institut en 1810, et ne furent publiées que beaucoup plus tard. — Voyez Suriray, *Recherches sur la cause ordinaire de la phosphorescence de la mer, et description de la* Noctiluca miliaris (*Magazin de zoologie*, 1836, cl. X, pl. 1 et 2).

(*h*) Lamarck, *Histoire des Animaux sans vertèbres*, t. II, p. 470.

intérieur ni intestin, ni muscles, ni nerfs, ni aucun autre organe particulier, et la lumière jaillit sous la forme d'étincelles de tous les points de leur surface. Elle est provoquée par l'agitation, ainsi que par toutes espèces d'excitants, soit physiques, soit chimiques, et elle ressemble beaucoup aux éclairs qui résulteraient d'une série de petites décharges électriques. M. de Quatrefages, qui a fait sur ce sujet beaucoup

des Diphyes, parmi les Actinozoaires de la famille des Physogrades (*a*). M. Ehrenberg donna à ces Animalcules un nom nouveau, celui de *Mammaria*, mais il n'ajouta rien d'important à leur histoire (*b*). Enfin, en 1843, M. Verhaeghe constata que leur organisation ne ressemble en rien à celle des Acalèphes ou des Polypes, parmi lesquels quelques naturalistes les avaient rangés, mais se rapproche davantage de celle des Rhizopodes (*c*), fait qui ressort également des recherches plus récentes de M. Doyère (*d*) et de M. de Quatrefages. Ce dernier auteur en a donné de bonnes figures, et les caractérise de la manière suivante : Animalcules arrondis, de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{3}$ de millimètre de diamètre, et de forme très variable, tantôt sphérique, d'autres fois échancrés sur un point de leur surface, ou même cordiformes ; complétement transparents ; revêtus d'une double tunique membraniforme extrêmement mince, et pourvus d'une sorte de tentacule grêle et conique ; intérieur occupé par une substance sarcodique qui se creuse de vacuoles, et constitue une sorte de trame dont les mailles sont occupées par un liquide et sont formées par des expansions rhizopodiques. L'émission de lumière a lieu quelquefois simultanément dans toute l'étendue de la surface du corps, mais en général des étincelles se succèdent sur divers points (*e*).

Le mode d'organisation de ces singuliers Animalcules a été étudié plus récemment par MM. Busch, Krohn, Huxley et Webb (*f*).

(*a*) Blainville, *Manuel d'actinologie*, p. 140.

(*b*) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres* (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1834, p. 411).

(*c*) Voyez Van Beneden, Rapport sur un Mémoire de M. Verhaeghe, ayant pour titre : *Recherches sur la cause de la phosphorescence de la mer dans les parages d'Ostende* (*Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, 1846, t. XIII, 2e partie, p. 3).

(*d*) Doyère, *Sur la Noctiluque miliaire* (*l'Institut*, 1846, t. XIV, p. 428).

(*e*) Quatrefages, *Observations sur les Noctiluques* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1850, t. XIV, p. 226, pl. 5, fig. 1-5). — *Mémoire sur la phosphorescence de quelques Animaux invertébrés marins* (*loc. cit.*, p. 263).

(*f*) Busch, *Beobachtungen über Anat. und Entwickelung einiger wirbellosen Seethiere*, 1851, p. 103.

— Krohn, *Notiz über die* Noctiluca miliaris (Wiegmann's *Archiv für* 1852, p. 76, pl. 3, fig. 2).

— Huxley, *On the Structure of* Noctiluca miliaris (*Quarterly Journal of Microscopical Science*, 1855, t. III, p. 49).

— Webb, *On the* Noctiluca miliaris (*Quarterly Journal of Microscopical Science*, 1855, t. III, p. 102).

d'observations intéressantes, pense que ces lueurs ne sont pas dues à des phénomènes de combustion (1), et il les considère comme étant liées à l'action mécanique des tissus contractiles qui occupent l'intérieur du corps des Noctiluques (2).

Beaucoup d'Annélides sont aussi très phosphorescents, et en étudiant au microscope quelques-uns de ces Vers, le naturaliste que je viens de citer constata que la lumière émane de leurs muscles et se développe au moment de la contraction de ces organes. En raison de ces faits et des diverses considérations qu'il serait trop long d'exposer ici, M. de Quatrefages et M. Ehrenberg sont disposés à croire que chez ces Animaux la phosphorescence résulte d'un développement d'électricité, et cette opinion est partagée par quelques physiciens; mais elle

(1) M. de Quatrefages a bien constaté, ainsi que l'avait déjà fait M. Pring, que les Noctiluques peuvent continuer à briller pendant un certain temps, lorsqu'il ne leur est pas possible de venir à la surface de l'eau se mettre en rapport avec l'atmosphère, ou bien encore lorsque l'eau dans laquelle elles nagent est en contact avec des gaz impropres à l'entretien de la combustion, tels que de l'hydrogène ou de l'acide carbonique (a). Mais, à mon avis, ces faits ne prouvent pas que la production de lumière n'est pas due à un phénomène de combustion; car l'eau dans laquelle ces Animalcules vivent contient toujours en dissolution une certaine quantité d'oxygène libre; c'est cet oxygène qui entretient la combustion respiratoire, et, lorsqu'il est épuisé, la mort arrive, résultat qui est accompagné de l'extinction de la lumière développée dans l'intérieur de l'organisme de ces petits Zoophytes.

(2) M. de Quatrefages a remarqué que l'expansion filiforme de substances sarcodiques qui occupent l'intérieur du corps des Noctiluques se rompt souvent spontanément, et que c'est dans les points où ce phénomène est le plus fréquent que les étincelles sont les plus nombreuses. Il a constaté aussi que si l'on presse entre deux lames de verre le corps d'un de ces Animalcules, ces brides se rompent également, et il a vu que cet écrasement déterminait toujours une forte émission de lumière (b).

(a) Pring, *Observ. and Experiments on the* Noctiluca miliaris, *the animalcular Source of the Phosphorescence of the British Seas; together with a few general Remarks on the Phenomena of Vital Phosphorescence* (*Philosophical Magazine*, 3e série, 1849, t. XXXIV, p. 401).
— Quatrefages, *Mém. sur la phosphorescence de quelques Invertébrés marins* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1850, t. XIV, p. 268).

(b) Quatrefages, *Op. cit.* (*loc. cit.*, p. 270).

ne me semble pas suffisamment fondée, et j'incline à penser que chez les Vers et les Zoophytes, de même que chez les Insectes, ce phénomène doit dépendre de l'oxydation de quelque substance combustible. En effet, M. Ehrenberg a constaté que chez la Syllis, que ce naturaliste désigne sous le nom de *Photocharis cirrigera* (1), la lumière se montre d'abord par étincelles dans les appendices tentaculiformes situés à la base de la rame dorsale des pieds, et gagne ensuite toute la surface du dos, mais ne se développe pas seulement dans l'intérieur de l'organisme, et émane aussi du mucus qui suinte à la surface de la peau. Or, ce mucus continue à briller après qu'on l'a détaché du corps de l'Animal, et communique sa phosphorescence aux objets sur lesquels on l'applique (2), circonstance qui est incompatible avec l'hypothèse suivant laquelle la production de cette lumière dépendrait de l'électricité développée dans l'économie animale (3).

(1) Il me paraît probable que la *Photocharis* de M. Ehrenberg n'est autre chose que la *Syllis monillaris* dont Savigny a donné une très belle figure (*a*).

(2) M. Ehrenberg s'exprime formellement au sujet de la phosphorescence de cette Syllis (*b*); mais je dois ajouter que Dugès, en observant un autre Annélide du même genre, qu'il a appelé *Syllis fulgurans*, n'a pu constater aucune excrétion de matière phosphorescente, bien que la lumière développée dans l'intérieur du corps fût très intense (*c*).

(3) J'ajouterai qu'à la suite de quelques observations faites par Forbes sur la direction constante des traînées phosphorescentes qui se manifestent chez les Pennatulides, M. Wilson (d'Édimbourg) a fait des expériences électroscopiques en vue de constater le développement d'électricité lors de l'émission de lumière par ces Animaux; mais il n'est arrivé qu'à des résultats négatifs, et ce savant conclut de ses recherches que probablement le phénomène est dû à la sécrétion de quelque matière spontanément inflammable (*d*).

(*a*) Savigny, *Système des Annélides* (*Description de l'Égypte, Histoire naturelle*, ANNÉLIDES, pl. 4, fig. 3).

(*b*) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres* (*Mém. de l'Acad. de Berlin pour* 1834, p. 548).

(*c*) Voyez Audouin et Milne Edwards, *Classification des Annélides et description de celles qui habitent les côtes de France* (Ann. des sciences nat., 1833, t. XXIX, p. 229).

(*d*) Voyez Johnston, *Hist. of British*, ZOOPHYTES, 1847, t. I, p. 151 et suiv.

On doit ranger aussi, parmi les Animaux marins qui possèdent au plus haut degré la faculté photogénique, divers Tuniciers, les Pyrosomes et les Biphores, par exemple (1), beaucoup de Coralliaires, tels que les Pennatules, et la plupart des Acalèphes (2). Chez ces Zoophytes, de même que chez les autres Animaux marins, dont je viens de parler, l'émission de lumière est provoquée par le choc et par toutes les causes qui déterminent la production de mouvements dans l'intérieur de l'organisme (3). Souvent ce phénomène ne se manifeste que dans les parties du corps où des fibres musculaires se contractent, par exemple le long des côtes ciliées des Béroés (4); mais ces parties sont aussi celles où l'irrigation physiologique est la plus active, et, d'après quelques observations que j'ai eu l'occasion de faire sur des Béroés, ce serait dans l'intérieur des

(1) L'émission de lumière par ces Tuniciers a été observée par plusieurs naturalistes, et contribue parfois beaucoup à la phosphorescence de la mer (a).

(2) Voyez ci-dessus page 109.

(3) Pour provoquer les décharges lumineuses chez ces Béroés, il suffit en général d'irriter mécaniquement l'Animal; mais lorsque les éclairs se succèdent rapidement, leur intensité s'affaiblit beaucoup, comme si la provision de matière phosphorescente accumulée dans l'organisme par un travail sécrétoire plus ou moins lent s'épuisait (b). L'immersion dans de l'eau douce active beaucoup la production de lumière pendant quelques instants chez la plupart des Acalèphes phosphorescents; souvent elle peut même la déterminer quand celle-ci a cessé d'avoir lieu (c).

Il paraîtrait, d'après les observations récentes de M. Allman, que l'action préalable de la lumière est défavorable à la phosphorescence des Béroés; il n'a pu constater ce phénomène que chez des individus qui étaient restés quelque temps dans l'obscurité (d).

(4) Voyez l'atlas du *Règne animal* de Cuvier, ZOOPHYTES, pl. 56, fig. 1 et 2.

(a) Voyez ci-dessus, page 109.

(b) Murray, *On the Luminosity of the Sea* (*Mem. of the Wernerian Nat. Hist. Soc.*, 1821, t. III, p. 468).

— Forbes, *A Monograph of the British naked-eyed Medusæ*, p. 13.

— Bennet, *Observ. on the Phosphorescence of the Ocean* (*Proceedings of the Royal Society*, 1837, p. 1).

(c) Milne Edwards, *Observations sur la structure et les fonctions de quelques Zoophytes*, etc. (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XVI, p. 216).

(d) Allman, *Note on the Phosphorescence of Beroe* (*Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 1862, p. 518).

canaux sanguifères que le développement de la lumière paraîtrait avoir son siége. Je suis donc porté à croire que le renouvellement du fluide nourricier qui baigne le tissu sécréteur de la matière phosphorescente pourrait bien être une des causes de l'apparition des éclairs qui de temps en temps sillonnent tout le voisinage de ces conduits. Il est aussi à noter que chez d'autres Acalèphes le foyer lumineux est situé dans l'appareil reproducteur, qui reçoit beaucoup de fluide nourricier, mais qui n'est que peu contractile (1). Enfin on sait depuis longtemps, par les expériences de Spallanzani, que chez d'autres Animaux marins qui appartiennent à la même classe, la phosphorescence persiste après la mort, et peut être transmise à des liquides dans lesquels on délaye la substance des parties lumineuses de l'organisme (2).

Quelques observations faites sur la phosphorescence des

(1) Ainsi, M. Ehrenberg a remarqué que chez l'*Oceania pileata* la phosphorescence réside dans la portion centrale de la face inférieure de l'ombrelle, où les ovaires se trouvent suspendus (*a*), et Forbes a vu que la lumière émane aussi de l'appareil reproducteur chez la *Dianema appendiculata* (*b*).

(2) Spallanzani a constaté que chez l'Acalèphe qu'il appelle *Medusa phosphorea*, et que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de *Pelagia noctiluca* (*c*), l'émission de lumière a lieu par la portion marginale de l'ombrelle, où se trouvent les principaux muscles locomoteurs. Il trouva aussi que le mucus qui lubrifie la surface de la peau de cette partie est lumineux, et communique la phosphorescence aux doigts de l'observateur ainsi qu'aux autres corps auxquels il adhère. Spallanzani vit aussi que des fragments peu lumineux de cette portion du disque deviennent très brillants quand on les plonge dans de l'eau douce et qu'en faisant la même expérience avec du lait ce liquide jetait un éclat encore plus vif. Le liquide phosphorescent obtenu de la sorte formait des traînées lumineuses quand on le répandait à terre, et une de ces Méduses plongée dans un verre de lait éclaira si fortement les objets adjacents, qu'à une distance d'un mètre on pouvait s'en servir pour lire une lettre (*d*).

(*a*) Ehrenberg, *Das Leuchten des Meeres* (*Mém. de l'Acad. de Berlin pour* 1834).
(*b*) Forbes, *A Monograph of the British naked-eyed Medusæ*, p. 14.
(*c*) Voyez l'*Atlas du Règne animal* de Cuvier, ZOOPHYTES, pl. 45.
(*d*) Spallanzani, *Viaggi alle Due Sicilie*, 1793, t. IV, p. 216 et suiv.

petits Crustacés qui dans certains parages illuminent la surface de la mer, tendent également à établir que l'émission de la lumière est due à un liquide sécrété par ces Animaux. Ainsi, pendant un voyage dans le grand Océan, Eydoux et Souleyet ont vu ces Animaux lancer des jets d'une matière lumineuse qui, en se mêlant à l'eau, rendait ce liquide phosphorescent (1).

Il est aussi des Poissons chez lesquels des phénomènes de phosphorescence ont été observés, mais il ne me paraît pas bien démontré que la lumière dont brillaient ces Animaux leur appartînt réellement, et ne fût pas développée par des Animalcules photogènes ou par d'autres corps étrangers dont la surface de leur peau pouvait être enduite.

Je dois ajouter qu'il paraît y avoir de grandes différences dans la période de la vie à laquelle se manifeste la faculté photogénique chez les divers Animaux. Dans les uns elle existe avant la naissance et dure toujours (2), tandis que chez d'autres elle ne paraît se développer que temporairement.

§ 4. — En résumé, nous voyons que la faculté de produire de la lumière est beaucoup plus répandue dans le règne animal qu'on ne serait porté à le croire au premier abord ; car, si elle n'existe que chez un petit nombre d'Animaux terrestres, qui

(1) La matière phosphorescente lancée par ces Crustacés était assez visqueuse pour se coller aux parois du vase dans lequel les Animaux étaient placés, et son émission produisait d'abord l'effet d'une fusée brillante, puis formait autour du petit être une sorte d'atmosphère lumineuse. Malheureusement Eydoux et Souleyet ne nous apprennent pas sur quelles espèces de Crustacés pélagiques ces observations furent faites (a).

(2) M. Allman a constaté récemment que l'embryon des Béroïdiens dont on a formé le genre *Idya*, est phosphorescent avant l'éclosion (b), et j'ai déjà eu l'occasion de dire que les œufs des Lampyriens sont lumineux.

(a) Voyez Blainville, *Rapport sur les résultats scientifiques du voyage de la* Bonite *autour du monde* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1838, t. VI, p. 453).

(b) Allman, *Note on the Phosphorescence of Beroe* (*Proceedings of the Royal Soc. of Edinburgh*, 1862, p. 518).

pour la plupart appartiennent à la classe des Insectes, elle est très commune chez les Invertébrés marins, principalement chez les espèces dont les tissus sont transparents, et cette circonstance me porte à soupçonner que des phénomènes du même ordre pourraient bien se développer parfois dans la profondeur de l'organisme chez d'autres Animaux où ils restent inaperçus à cause de l'opacité des téguments. Dans l'état actuel de nos connaissances, il me paraîtrait inutile d'insister davantage sur l'histoire de ces phénomènes remarquables, et je me bornerai à engager les naturalistes qui naviguent ou qui habitent les bords de la mer à faire de nouvelles recherches sur son mode de production.

Je terminerai donc là cette digression, et dans la prochaine Leçon je m'occuperai de questions qui touchent plus directement à l'histoire du travail nutritif.

SOIXANTE-NEUVIÈME LEÇON.

Suite de l'étude des phénomènes de nutrition. — Mutation de la matière organique dans l'organisme. — Pertes subies par le corps d'un Animal privé d'aliments. — Rôle des matières alimentaires. — Modes d'évaluation du degré d'activité de la combustion nutritive. — Circonstances qui influent sur l'activité de ce travail ; influence du volume de l'organisme, des différences spécifiques, de l'âge ; des sexes, de l'exercice musculaire ; application de ces faits aux procédés employés pour l'engraissement des Animaux de ferme ; influence du régime. — Ration alimentaire de l'Homme et de quelques Animaux.

Effets de la combustion physiologique.

§ 1. — La combustion physiologique, dont l'étude nous a occupés dans les Leçons précédentes, s'effectue dans l'intérieur du corps des Animaux, et se lie de la manière la plus intime à presque toutes les manifestations de leur puissance vitale. Son degré d'intensité est même en rapport avec la grandeur de l'activité physiologique de ces êtres, et bien que dans certaines circonstances elle puisse continuer après la mort, on voit toujours la force vitale s'éteindre ou devenir latente, dès qu'elle s'arrête.

Pour l'entretenir, il faut nécessairement que l'organisme puisse disposer de deux choses : d'une quantité suffisante de l'agent comburant, c'est-à-dire d'oxygène libre ou susceptible d'être enlevé à des corps dans la composition desquels il entre, et de matières combustibles aptes à brûler dans les conditions où l'Animal doit en faire usage.

La respiration, comme nous l'avons déjà vu, fournit à ces foyers de combustion l'élément comburant que l'Animal trouve à l'état de liberté dans l'atmosphère, ou faiblement associé à l'eau qui est exposée au contact de l'air. Dans quelques cas extrêmement rares, l'être animé peut vivre aux dépens de l'oxygène qui se trouve à l'état de combinaison dans certains

corps auxquels il en enlève une portion, et il est probable que souvent des phénomènes du même ordre ont lieu dans l'intérieur de l'économie animale par l'action de certaines parties vivantes sur des matières préalablement oxydées par suite du travail respiratoire ordinaire; mais dans l'immense majorité des cas, c'est l'atmosphère qui fournit directement à l'organisme l'oxygène nécessaire à l'entretien de la combustion physiologique : par l'acte de la respiration, le fluide nourricier de l'Animal s'en charge, et sert de véhicule pour le porter sur les combustibles avec lesquels il doit se combiner (1).

L'oxygène qui est en dissolution dans l'eau, est libre chimiquement; les Animaux aquatiques sont donc placés, sous ce rapport, dans des conditions analogues à celles où se trouvent les Animaux terrestres, dont le corps est baigné directement par le fluide atmosphérique. Et jusque dans ces derniers temps on devait penser que l'action de l'oxygène libre sur l'organisme était indispensable à l'entretien de la vie chez tous les êtres animés; mais il existe quelques Animaux inférieurs chez lesquels le travail respiratoire peut être remplacé par un phénomène plus complexe, et l'introduction de l'oxygène dans l'économie peut être obtenue au moyen de la décomposition de certains composés oxygénés avec lesquels le corps vivant est en contact. Cela a été constaté par M. Pasteur, dans ses belles expériences sur certains Infusoires qui déterminent la fermentation butyrique dans les dissolutions de sucre ou d'acide lactique (2), et

(1) Voyez tome I, page 430 et suiv.

(2) Il résulte des recherches de M. Pasteur que certains Vibrions peuvent vivre sans oxygène libre et en décomposant des matières organiques, telles que le sucre et l'acide lactique, qu'ils transforment en acide butyrique. L'espèce de fermentation ainsi produite est accompagnée d'un dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène. Il est aussi à noter que ces Animalcules périssent très-promptement quand ils subissent l'action de l'oxygène libre (a).

(a) Pasteur, *Animalcules infusoires vivant sans gaz oxygène libre et déterminant des fermentations* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1861, t. LII, p. 344).

il me paraît probable que les Helminthes qui vivent dans l'intérieur du corps des Animaux sont doués du même pouvoir désoxydant. Mais, quoi qu'il en soit à cet égard, la règle ordinaire pour les êtres animés est d'entretenir la combustion physiologique au moyen de l'oxygène libre puisé directement ou indirectement dans l'air atmosphérique; aussi avons-nous vu que chez tous les Animaux, sauf les espèces inférieures dont il vient d'être question, la privation de cet élément comburant est plus ou moins promptement une cause de mort apparente, suivie de la mort réelle.

Je rappellerai aussi que nous avons constaté précédemment que l'activité respiratoire des Animaux, ou, en d'autres termes, la consommation d'oxygène faite par ces êtres est en rapport avec le degré de leur activité vitale et la grandeur de leur puissance physiologique. Bientôt nous verrons que les mêmes rapports existent entre ces phénomènes et la destruction des matières combustibles dont l'organisme est pourvu, de telle sorte que la mesure de l'action vitale peut être fournie également bien par la considération de ces deux ordres de faits. Mais, avant d'aborder l'étude de ces questions, il faut que nous cherchions à bien fixer nos idées au sujet de la source qui fournit à la combustion physiologique les matières combustibles destinées à fixer l'oxygène introduit sans cesse dans l'organisme par le travail respiratoire.

Source des combustible brûlés dans l'organisme.

§ 2. — Il est évident que les matières brûlées de la sorte dans l'intérieur de l'économie animale ne peuvent être que les substances organiques qui y sont introduites sous la forme d'ali-

Au moment de mettre cette feuille sous presse, j'apprends que cet expérimentateur habile a constaté d'autres faits du même ordre en étudiant l'action exercée par certains Vibrions sur le tartrate de chaux. Ces Animalcules vivent sans air, en décomposant l'acide tartrique (a).

(a) Pasteur, *Nouvel exemple de fermentation déterminée par des Animalcules infusoires pouvant vivre sans gaz oxygène libre et en dehors de tout contact avec l'air de l'atmosphère* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 9 mars 1863, t. LVI, p. 416).

ments, et qui sont versées par l'appareil digestif dans le torrent de la circulation, ou bien celles qui constituent, soit des dépôts ou réserves de matières nutritives, comme la graisse, soit le tissu même des organes. Mais les physiologistes sont partagés d'opinions au sujet du rôle accompli par ces deux sortes de corps combustibles. Jadis on pensait que tout ce qui se détruit dans l'économie provenait de la substance des organes, que cette substance se renouvelait tout entière avec une grande rapidité, et que la matière organique fournie par les aliments, et absorbée par l'appareil digestif, était exclusivement destinée, soit à la reconstitution des tissus soumis à cette loi de renouvellement, soit à la formation des humeurs non excrémentitielles; enfin que toutes les matières excrétées étaient les produits de cette destruction de la substance vivante.

Travail de désassimilation organique.

Cette hypothèse reposait sur une multitude de faits fournis tant par l'observation journalière que par l'expérimentation des physiologistes. Ainsi, chacun sait que, lorsqu'un Animal est privé d'aliments, le poids de son corps diminue plus ou moins rapidement; qu'il perd de ses forces en même temps qu'il perd de sa substance, et que la mort est toujours la conséquence de ces pertes, lorsqu'elles dépassent certaines limites. Quand il s'approprie une quantité suffisante de matières nutritives, son poids reste stationnaire ou augmente, et cependant il continue à éprouver des pertes non moins considérables que s'il était privé d'aliments.

Cuvier, dont le style était souvent remarquable par le brillant des images aussi bien que par l'élévation des pensées et la netteté de l'expression, a parfaitement résumé l'opinion des physiologistes de son époque sur la nature du travail nutritif, lorsqu'il a dit : « La vie consiste essentiellement dans la » faculté qu'ont certaines combinaisons corporelles de durer » pendant un temps et sous une forme déterminée, en attirant » sans cesse dans leur composition une partie des substances

» environnantes, et en rendant aux éléments des portions de » leur propre substance. La vie est donc un tourbillon plus ou » moins rapide, plus ou moins compliqué, dont la direction » est constante, et qui entraîne toujours des molécules de mêmes » sortes, mais où les molécules individuelles entrent et d'où » elles sortent continuellement, de manière que la *forme* du » corps vivant lui est plus essentielle que la *matière* (1). »

Il est indubitable que l'organisme, considéré dans son ensemble, présente toujours des phénomènes de cet ordre, et que sans cesse certaines de ses parties se détruisent et disparaissent pendant que d'autres se forment pour leur succéder et en tenir lieu. Ainsi chacun sait que nos ongles, de même que nos cheveux ou les poils de notre barbe, croissent par leur base et s'usent par leur extrémité opposée, en sorte qu'au bout d'un certain temps la substance constitutive de chacun de ces appendices cornés se trouve renouvelée complétement, bien que leur forme générale n'ait pas changé. Nous avons déjà vu qu'il en est de même pour la couche de tissu utriculaire qui revêt les membranes muqueuses du tube digestif, des voies respiratoires et des cavités glandulaires; dans une autre partie de ce cours je montrerai que l'épiderme croît de la même manière par sa face interne, pendant que du côté opposé elle se détruit ou se détache de la peau. Enfin les belles expériences de M. Flourens sur les os des Mammifères et des Oiseaux établissent que pendant le jeune âge ces organes s'accroissent et s'usent en même temps d'une manière analogue, mais en sens inverse, c'est-à-dire grandissent par la naissance de couches nouvelles à leur surface, tandis que vers le centre ils se creusent des cavités produites par la résorption progressive des couches primitives de leur tissu constitutif. Ce genre de changement a été mis bien en évidence par l'emploi alimentaire de la garance, qui, répandue dans le fluide

(1) *Le Règne animal distribué d'après son organisation*, 1817, t. I, p. 13.

nourricier, teint en rouge les parties superficielles des os, phénomène qui nous permet de reconnaître les portions de la substance osseuse existante au moment de l'expérience, et de les distinguer de celles développées après que l'Animal a été remis à son régime ordinaire (1). Dans tous ces cas il y a remplacement d'une portion de l'ancienne substance constitutive du corps vivant par de la substance nouvelle ; et comme l'a très-bien fait remarquer M. Flourens, la théorie de la rénovation matérielle de l'organisme, conçue de la sorte, est certainement l'expression

(1) Le fait de la coloration des os en rouge chez des Cochons qui mangent une certaine quantité de garance, avait été signalé dès le milieu du XVI[e] siècle par un certain Mizaud, dit Mizaldi (*a*), mais n'avait pas fixé l'attention des physiologistes, et était généralement ignoré lorsqu'en 1736, un chirurgien anglais, J. Belchier, l'observa par hasard en dînant chez un teinturier qui utilisait pour la nourriture de ses Porcs le son imprégné de garance provenant de ses ateliers. Belchier fit aussitôt des expériences sur la cause de ce phénomène (*b*), et il fut suivi dans cette voie par Duhamel et par plusieurs autres physiologistes, qui profitèrent de la coloration du tissu osseux obtenue de la sorte pour étudier le mode de croissance des os. Dans une autre partie de ce cours je rendrai compte des résultats obtenus ainsi par M. Flourens ou par ses prédécesseurs (*c*), et ici je me bornerai à considérer ce sujet au point de vue de l'étude des phénomènes de nutrition.

On a cru d'abord que le tissu osseux rougi par le principe colorant de la garance avait dû se former pendant que l'Animal recevait dans son organisme cette substance tinctoriale mêlée à ses aliments. Ainsi Rutherford, qui fut le premier à reconnaître que le phénomène en question est dû à la production d'une sorte de laque résultant de l'union chimique de l'alizarine, ou principe colorant de la garance, avec les sels calcaires de l'or-

(*a*) Mizaldi, *Memorabilium utilium et jucundorum centuriæ novem in aphorismos digestæ*. Lutetiæ, 1584, p. 101, cent. VII, aph. 91.

(*b*) Belchier, *An Account of the Bones of Animals being Changed to a Red Colour by aliment only* (*Philos. Trans.*, 1836, t. XXXIX, p. 287). — *Further Account*, etc. (*loc. cit.*, p. 299).

(*c*) Duhamel, *Sur une racine qui a la faculté de teindre en rouge les os des Animaux vivants* (*Mém. de l'Acad. des sciences pour* 1739, p. 1). — *Sur le développement et la crue des os des Animaux* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1742, p. 354).

— Bazani, *De coloratis animalium quorumdam vivorum ossibus* (*Comment. Inst. Bononiensis*, 1745, t. II, part. 1, p. 129). — *De ossium colorandorum artificio per radicem rubiæ* (*Op. cit.*, 1746, t. II, pars 2, p. 124).

— Bœhmer, *De radicis Rubiæ tinctorum effectibus in corpore animali* (dissert. inaug.). Lipsiæ, 1752. — *Nouvelles expériences sur les effets que produit la garance dans le corps des Animaux* (*Mélanges d'histoire naturelle*, par A. Dulac, 1765, t. III, p. 227).

— J. Hunter, *Expériences et observations sur le développement des os* (*Œuvres*, t. IV, p. 400).

de la vérité pour beaucoup de parties de l'économie animale, sinon pour toutes. Mais ce n'est pas ainsi que l'on se représente généralement la mutation de la matière vivante dans l'intérieur de l'organisme. On suppose que la substance constitutive de chaque fibre, de chaque lamelle de tout tissu vivant se renouvelle, molécule à molécule; que chacune des molécules dont ces tissus se composent est usée et détruite sur place, pendant qu'une ou plusieurs molécules nouvelles de même espèce viennent en tenir lieu; en un mot, que les matériaux constitutifs de ces fibres et de ces lamelles sont renouvelés à peu près comme les pierres d'un vieil édifice sont parfois remplacées successivement par la substitution de blocs nouveaux à ceux que le temps a détériorés. On se trouve ainsi conduit à admettre que la matière

ganisme (a), pensait que cette combinaison devait s'effectuer dans le sang et précéder le dépôt des matières terreuses dans le tissu de l'os. Mais on sait aujourd'hui par les expériences de Gibson, ainsi que par celles faites plus récemment par MM. Doyère et Serres, que les choses ne se passent pas ainsi; que le tissu osseux préexistant se teint en rouge, pourvu que le fluide nourricier chargé d'alizarine y pénètre en assez grande abondance. Ainsi, un fragment d'os enfoncé sous la peau d'un Animal soumis au régime de garance, se colore comme le font les os vivants du même individu; et si la coloration du squelette a lieu promptement chez les jeunes Animaux, tandis qu'elle ne s'effectue que très-lentement ou très-incomplétement chez ceux qui sont avancés en âge, cela dépend seulement des différences dans le degré de perméabilité du tissu osseux et dans l'activité de la circulation des fluides nourriciers dans sa substance aux dernières périodes de la vie. Dans tous les cas, la fixation de la garance sur les sels calcaires du tissu osseux est un phénomène analogue à celui dû à l'action des mordants dans la teinture d'une étoffe, et n'est aucunement liée au travail nutritif.

(a) Rutherford, cité d'après Gibson.

— Gibson, *Obs. on the Effect of Madder root on the Bones of Animals* (*Mem. of the Lit. and Philos. Soc. of Manchester*, 2e série, 1805, t. I, p. 146).

— Flourens, *Recherches sur le développement des os et des dents* (*Archives du Muséum*, 1841, t. II, p. 315).

— Serres et Doyère, *Exposé de quelques faits relatifs à la coloration des os chez les Animaux soumis au régime de la garance* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1842, t. XVII, p. 153).

— Brullé et Hugueny, *Expériences sur le développement des os dans les Mammifères et les Oiseaux, faites au moyen de l'alimentation par la garance* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1845, t. IV, p. 283).

dont se compose chaque partie de l'organisme est toujours en mouvement, et que dans un espace de temps plus ou moins court la substance du corps tout entier se trouve renouvelée. Quelques auteurs ont même cru pouvoir assigner une période déterminée pour l'accomplissement de cette rénovation de substance dans le corps humain. Enfin, beaucoup de physiologistes admettent, conformément à ces vues de l'esprit, que la combustion physiologique dont l'économie animale est le siége, est alimentée uniquement par la substance des tissus; que la totalité de l'acide carbonique, de l'urée et des autres produits excrémentitiels formés dans l'organisme, provient de cette source, et que par conséquent aussi toute matière nutritive absorbée par l'Animal n'est utilisée qu'à la condition d'être fixée dans ces mêmes tissus et d'en devenir partie intégrante (1).

Mais beaucoup de faits paraissaient être peu favorables à cette hypothèse de la mutation générale et continue de la matière constitutive de l'organisme. Ainsi Duhamel a vu que les parties du système osseux qui ont été colorées par l'action de la garance chez un Animal vivant ne se décolorent pas, comme on le supposait d'abord, mais sont cachées sous les nouvelles couches développées ultérieurement; M. Flourens a montré que les parties teintes de la sorte conservent leur coloration anormale jusqu'à ce qu'elles soient elles-mêmes détruites; que rien n'y décèle un renouvellement de substance, et que chez l'individu parvenu au terme de sa croissance, leur existence paraît être en général permanente (2). Les rapports qui ont été constatés par Chossat et plusieurs autres expérimentateurs

(1) Cette hypothèse a été adoptée récemment par MM. Bischoff et Voit, dans leur intéressant travail sur la mutation de la matière dans l'économie animale (a).

(2) Duhamel avait d'abord pensé

(a) Th. Bischoff und C. Voit, *Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers durch neue Untersuchungen festgestellt.*, 1860.

entre le mode d'alimentation et la nature ou la quantité des produits de la sécrétion urinaire, ont même conduit quelques physiologistes à penser que dans les circonstances ordinaires toutes les matières excrétées de l'organisme proviennent directement des matières étrangères qui y ont été introduites ; de sorte que la combustion physiologique dont résultent l'acide carbonique, l'urée, etc., serait entretenue uniquement par les aliments (1). Mais cette hypothèse n'est pas admissible, et la

qu'après la cessation du régime de la garance, les os rougis par cette substance reprenaient toujours leur couleur primitive (*a*) ; mais, par la suite de ses expériences, il reconnut que chez les jeunes Animaux les parties rougies de la sorte se retrouvent au-dessous des couches du tissu osseux développées ultérieurement (*b*). M. Flourens confirma ce résultat, et montra que dans les cas où la teinte rouge vient à disparaître, cela ne dépend pas d'un renouvellement moléculaire de la portion du tissu qui a été garancée, mais de sa résorption complète par suite du travail d'accroissement (*c*), phénomène sur lequel je reviendrai lorsque je traiterai du mode de développement des os.

Je citerai également ici une des expériences de MM. Doyère et Serres. Un jeune pigeon fut soumis au régime de la garance du 10 mars 1840 au 15 avril ; le 15 mai on lui amputa une aile, puis le 30 janvier 1841 on lui amputa l'autre aile : l'Animal mourut des suites de cette seconde opération. Entre les moments où les deux ailes avaient été amputées, il n'avait reçu aucun aliment coloré ; cependant les os correspondants dans ces deux membres étaient également colorés (*d*). Il est du reste à noter que par le seul fait du lavage des os colorés opéré avec du sérum qui ne contient pas d'alizarine, l'espèce de laque formée par la combinaison de ce principe avec le phosphate calcaire des os peut à la longue abandonner une certaine quantité d'alizarine et pâlir plus ou moins (*e*) ; mais ce phénomène purement chimique ne ressemble en rien à la mutation continue de la matière organique dont les physiologistes parlent d'ordinaire sous le nom de mouvement nutritif.

(1) Chossat (de Genève) a fait une longue série d'expériences intéressantes sur les circonstances qui influent sur la sécrétion urinaire chez l'Homme. Malheureusement il n'a pas dosé directement les matières azotées et sa-

(*a*) Duhamel, *Sur une racine qui a la faculté de teindre en rouge les os des Animaux vivants* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1739, p. 4).

(*b*) Idem, *Sur le développement des os* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1742, p. 365).

(*c*) Flourens, *Op. cit.* (*Mém. du Muséum*, t. II, p. 407).

(*d*) Doyère et Serres, *Exposé de quelques faits relatifs à la coloration des os chez les Animaux soumis au régime de la garance* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1842, t. XVII, p. 172).

(*e*) Brullé et Hugueny, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1845, t. IV, p. 294).

vérité se trouve entre les deux opinions extrêmes que je viens d'exposer.

En effet, d'une part il est évident que des phénomènes de combustion ont lieu dans les liquides nourriciers de l'économie, que des matières organiques en dissolution ou en suspension dans ces fluides peuvent s'y oxyder, et que de ces réactions chimiques il peut résulter de l'acide carbonique ou d'autres matières brûlées qui sont ensuite excrétées. La transformation des sels végétaux en carbonates, que nous avons déjà vue s'opérer dans le torrent circulatoire, nous en fournit une preuve irrécusable (1). Mais, d'autre part, les faits fournis par l'étude des changements qui ont lieu dans le corps d'un Animal privé de tout aliment ou nourri d'une manière insuffisante, me semblent prouver non moins clairement qu'il y a consommation de la substance des organes par suite de l'action comburante de

lines qui se trouvent excrétées de la sorte, et il s'est contenté d'en apprécier approximativement la quantité en déterminant d'une part le volume des liquides évacués, et d'autre part leur densité; puis en multipliant par un facteur constant, 3,32, le produit dudit volume multiplié par l'excès de la pesanteur spécifique observée sur celle de l'eau distillée. La quantité de matières solides contenues dans les urines a pu être évaluée de la sorte d'une manière satisfaisante; mais comme la composition du mélange formé par ces substances n'était pas constante, des erreurs assez grandes pouvaient être commises quand on venait à appliquer les résultats ainsi obtenus à l'étude des mutations de la matière organique dans l'intérieur de l'organisme. Quoi qu'il en soit, Chossat a trouvé que la quantité de matières solides sécrétées par les reins en vingt-quatre heures varie beaucoup suivant le régime; que cette sécrétion augmente toujours peu de temps après qu'à la suite des repas, les produits de digestion arrivent dans le torrent de la circulation, et qu'il existe des relations intimes entre l'abondance de cette excrétion et la quantité d'aliments albuminoïdes introduits dans l'organisme peu de temps auparavant. Il en conclut que c'est l'albumine du chyle qui, en traversant les poumons, se dépouille d'une certaine quantité d'eau et de carbone pour donner naissance à de l'acide carbonique et à de l'urée, etc. (a).

(1) Voyez ci-dessus, tome VII, page 531.

(a) Chossat, *Mémoire sur l'analyse des fonctions urinaires* (*Journal de physiologie de Magendie*, 1825, t. V, p. 65).

l'oxygène dont le sang est chargé, que cette substance organisée concourt à l'entretien de la combustion vitale, et qu'une portion des produits excrétés est le résultat des transformations qu'elle éprouve.

Examinons ce qui se passe dans l'économie des Animaux qui, étant privés d'aliments, ne reçoivent du dehors que l'un des facteurs des produits excrémentitiels, et tirent l'autre de leur propre fonds, c'est-à-dire de la substance constitutive de leurs organes ou de la réserve alimentaire représentée tant par la graisse emmagasinée dans leur corps que par les principes albuminoïdes et autres matières combustibles contenues dans leur sang ou dans les autres fluides de leur organisme. **Entretien de la combustion physiologique pendant l'abstinence.**

Ce sujet a été l'objet de plusieurs séries de recherches intéressantes faites, les unes par Chossat (de Genève), les autres par M. Boussingault et son élève Letellier, puis par MM. Bidder et Schmidt, à Dorpat, MM. Bischoff et Voit, à Munich, ainsi que par quelques autres physiologistes; mais il est à regretter que dans la plupart des cas les résultats constatés par ces expérimentations n'aient pas été aussi complets qu'on aurait pu le désirer. Chossat, par exemple, n'a fait usage que de la balance et a négligé l'analyse chimique des matières excrétées, et aucun de ses successeurs n'a déterminé directement la quantité d'oxygène fixée dans l'économie animale. Cependant tous sont arrivés à des résultats intéressants, et leurs travaux jettent beaucoup de lumière sur ce que j'appellerai la *résorption* ou *consommation organique*, c'est-à-dire la destruction ou l'abandon des matières qui entrent dans la composition du corps vivant, et qui ont été enlevées à l'économie animale, ou, en d'autres termes, la *désorganisation physiologique*.

§ 3. — Nous voyons par les expériences de Chossat que chez les Animaux privés d'aliments, le poids du corps diminue plus ou moins rapidement, suivant les espèces, ainsi que suivant plusieurs autres circonstances; que dans la première journée de jeûne, la **Preuves d'une désorganisation physiologique.**

perte diurne, c'est-à-dire la perte subie pendant vingt-quatre heures, est plus considérable que pendant un certain nombre des jours suivants ; qu'elle diminue en général progressivement sans présenter cependant de grandes différences, et que pendant la dernière période de l'abstinence mortelle, elle s'élève de nouveau de manière à devenir très-considérable. La mort est toujours la conséquence de cette déperdition quand la diminution du poids total du corps a atteint certaines limites, savoir environ 40 ou 50 pour 100 du poids initial (1). Pendant cette abstinence prolongée, la combustion respiratoire a continué, l'excrétion de ses produits a contribué pour beaucoup à la production des pertes de substance éprouvées par l'Animal ; et l'examen du cadavre a fait voir que les matières enlevées de la sorte avaient été fournies non-seulement par la graisse préexistant dans l'organisme et par le sang, c'est-à-dire par les matières constituant ce que j'appelle la réserve nutritive, mais aussi par les muscles et même par toutes les autres parties vivantes de l'organisme. La part attribuable au tissu musculaire était d'environ la moitié de la

(1) Dans les expériences de Chossat la limite de déperdition compatible avec la vie a paru être de 40 centièmes du poids initial pour les Mammifères, et de 44 centièmes chez les Oiseaux. Il en fut à peu près de même dans les expériences que ce physiologiste fit sur divers Vertébrés à sang froid (a). Mais il est évident que cette limite doit varier beaucoup, suivant l'état d'engraissement de l'Animal au commencement de l'expérience. Aussi ne devons-nous pas nous étonner en voyant des résultats un peu différents être obtenus dans d'autres circonstances, et je citerai à ce sujet les expériences de MM. Bidder et Schmidt sur un Chat. L'Animal ne mourut qu'après avoir perdu 51,7 pour 100 de son poids initial (b), ce qui dépendait probablement de ce qu'il était très-gras.

Chossat a trouvé que la mort arrivait quand le poids du corps était réduit de la sorte, soit d'une manière rapide par la privation complète d'aliments (ou l'inanition), soit d'une manière lente, par suite d'une alimentation insuffisante (c).

(a) C. Chossat, *Recherches expérimentales sur l'inanition* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, 1843, t. VIII, p. 447 et suiv.).
(b) Bidder et Schmidt, *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, 1852.
(c) Chossat, *Op. cit.*

perte totale, et celle afférente à la réserve nutritive ne s'élevait pas au tiers de cette perte intégrale (1). Je ne présente pas ces nombres comme l'expression de la consommation réelle de la substance constitutive des fibres musculaires ou des autres tissus de l'économie; car Chossat n'a pas tenu compte des matières organiques en dissolution ou en suspension dans les liquides dont ces parties sont imprégnées, matières que nous devons considérer comme appartenant à la réserve nutritive, de même que le sang et les dépôts de graisse; mais les résultats que je viens de rapporter n'en sont pas moins d'une grande importance pour la connaissance des phénomènes dont l'étude nous occupe ici.

Dans des recherches analogues faites sur des Tourterelles par

(1) Pour constater la part que les diverses parties de l'organisme peuvent avoir à supporter dans la perte totale déterminée par l'abstinence, Chossat a divisé en deux lots les Animaux employés à ses recherches : ceux du premier lot furent asphyxiés au commencement de l'expérience, et le poids total de leur corps, puis le poids de leur sang, de leur graisse, de leur peau et de chacun de leurs organes fut déterminé avec autant de précision que possible. Les mêmes observations furent répétées sur les cadavres des Animaux morts de faim, et la perte subie par chaque partie de leur corps fut calculée d'après les termes de comparaison fournis par les Animaux asphyxiés. D'après ces données, Chossat a évalué de la manière suivante la perte intégrale de chaque partie comparée à son poids initial :

Graisses	0,933
Sang.	0,750
Rate	0,714
Pancréas	0,641
Foie	0,520
Cœur.	0,448
Intestins.	0,424
Muscles locomoteurs. .	0,423
Peau	0,333
Système osseux. . . .	0,167
Système nerveux . . .	0,019

Ainsi la presque totalité de la graisse avait disparu de l'organisme; le sang était réduit des trois quarts de son poids initial; les muscles avaient perdu près de la moitié de leur poids, tandis que la perte de substance subie par le système nerveux avait été au-dessous de 1/50. Une perte intégrale absolue de 142gr,17 se composait de 38gr,47 attribuables à la graisse; de 7gr,86 fournis par le sang; de 74gr,63 par le système musculaire, de 15gr,87 pour les glandes, la peau, etc., et de 5gr,34 pour le système osseux (*a*).

(*a*) Chossat, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, t. VIII, p. 530 et 531).

Letellier, le dosage de la graisse existant dans l'organisme, soit chez les individus pris comme terme de comparaison au commencement de l'expérience, soit chez ceux qui avaient été privés d'aliments pendant plusieurs jours, a été fait d'une manière plus exacte, et les résultats obtenus de la sorte indiquent que la graisse fournit une part un peu plus grande à la consommation physiologique des substances constitutives de l'économie animale; mais au moins les deux tiers des pertes éprouvées pendant l'abstinence devaient encore être attribués aux tissus et aux autres parties de l'organisme (1).

M. Boussingault a avancé davantage la question. Il a déterminé comparativement les diverses pertes intégrales de l'organisme subies par une Tourterelle privée d'aliments : la quantité de carbone exhalée par les voies respiratoires chez le même Animal, et la quantité d'azote, de carbone et d'hydrogène contenue dans les matières urinaires ou les autres produits excrémentitiels évacués sous la forme de fèces. Par conséquent il a pu mieux apprécier la marche de la combustion vitale dans ces conditions biologiques. Or, il a trouvé que la quantité de graisse brûlée dans les vingt-quatre heures pouvait être évaluée à 2^{gr},58, tandis que les pertes diverses attribuables à la combustion des principes albuminoïdes de l'organisme s'élevait à 4^{gr},58 (2).

(1) Effectivement, en discutant les résultats obtenus par Letellier, on voit que les Tourterelles privées d'aliments pesaient en moyenne 141 grammes, et par conséquent ne pouvaient contenir au début de l'expérience, d'après la moyenne générale servant de terme de comparaison, qu'environ 21 grammes de graisse. Or, la perte totale du poids qu'elles ont éprouvée pendant la durée de l'abstinence était en moyenne de 62 grammes. Ces Oiseaux avaient donc perdu au moins 41 grammes de substance en sus des pertes dues à la consommation de la graisse (a).

(2) Dans cette expérience, de même que dans celles de Chossat, la perte intégrale diurne s'est notablement abais-

(a) Letellier, *Observations sur l'action du sucre dans l'alimentation des Granivores* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, 1844, t. XI, p. 150).

Enfin je signalerai comme une étude plus complète du même sujet les recherches de MM. Bidder et Schmidt sur les effets de la privation d'aliments chez le Chat. J'aurai souvent à les citer, et en ce moment je me bornerai à dire qu'elles confirment pleinement les résultats fournis précédemment par les expériences de Chossat, relativement à la consommation rapide et considérable de tissu musculaire, aussi bien qu'à l'emploi de la réserve nutritive pour l'entretien de la combustion physiologique pendant l'abstinence. Ainsi un Animal pesant 2572 grammes fut privé d'aliments; il vécut de la sorte pendant dix-huit jours, et il perdit pendant ce temps 30gr,807 d'azote, 205gr,96 de carbone, et 927gr,62 d'eau. Or, pour fournir à cette dépense, le sang avait perdu 93 centigrammes de son

sée le second jour de l'abstinence; mais elle est restée ensuite à peu près la même pendant les sept jours que dura le jeûne. La quantité de carbone brûlé par l'Animal en vingt-quatre heures n'atteignait pas la moitié de celle consommée par le même individu dans l'état normal, et a varié de 0gr,21 à 0gr,07 par heure, sans que ces différences aient paru avoir aucun rapport constant avec la durée de l'inanition (a).

Voici les quantités de carbone exhalées par heure, sous la forme d'acide carbonique, par un de ces Oiseaux :

	Gram.
1° Après avoir mangé	0,213
2° Après avoir été privé d'aliments pendant vingt-quatre heures	0,114
3° Le quatrième jour d'inanition	0,124
4° Le sixième jour d'inanition	0,113
5° Le septième jour d'inanition	0,072

Dans une autre expérience faite sur une Tourterelle du poids de 176 grammes, la quantité d'acide carbonique produite en une heure a été de :

Gram.	
0,114	après deux jours d'inanition.
0,121	après quatre jours d'inanition.
0,095	après onze heures seulement d'inanition.
0,073	après trente-six heures d'inanition.
0,065	après deux jours et demi d'inanition.
0,077	après trois jours et demi d'inanition.
0,077	après quatre jours et demi d'inanition.

(a) Boussingault, *Analyses comparées de l'aliment consommé et des excréments rendus par une Tourterelle* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, 1844, t. XI, p. 448).

poids initial, la graisse 80 centigrammes, l'appareil musculaire 66 centigrammes, et l'axe cérébro-spinal 37 centigrammes. Enfin la quantité d'azote exhalée correspond à la désorganisation de plus de 200 grammes de tissu musculaire supposé sec et dépouillé de graisse (1).

(1) Les principaux résultats de cette expérience ont été résumés par MM. Bidder et Schmidt dans le tableau ci-joint (a) :

DÉSIGNATION des ORGANES.	RÉPARTITION DES MATIÈRES CONSTITUTIVES DE L'ORGANISME. AVANT L'INANITION, POIDS TOTAL 2572 GR.			APRÈS L'INANITION, POIDS TOTAL 1241 GR.			PERTES ÉPROUVÉES PENDANT L'INANITION. POIDS ABSOLU.		POIDS RELATIF correspondant A 100 GR.	
	Poids à l'état frais.	Eau.	Substance sèche.	Poids à l'état frais.	Eau.	Substance sèche.	Eau.	Substance sèche.	de substance fraîche.	de substance sèche.
	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.
Muscles et tendons	1158,32	881,47	276,85	380,98	284,98	96,00	— 596,49	—180,85	66,9	65,0
Os	379,26	172,56	206,70	325,00	118,30	206,70	— 54,26	0,0	14,3	0,0
Graisse	310,87	164,14	146,73	215,40	77,11	138,29	— 87,03	— 8,44	30,7	5,7
Œsophage, estomac et entrailles	166,95	129,30	37,56	115,40	88,28	27,12	— 41,11	— 10,44	30,9	27,8
Axe cérébro-spinal	49,88	38,86	11,02	31,12	23,71	7,41	— 15,15	— 3,61	37,6	32,9
Foie	122,21	89,34	32,87	49,33	37,74	11,59	— 51,60	— 21,28	59,6	64,7
Poumons	27,72	21,95	5,77	20,55	15,39	5,16	— 6,56	— 0,61	25,9	10,5
Reins	23,14	18,37	4,77	21,70	16,58	5,12	— 1,79	+ 0,35	6,2	?
Rate	8,12	6,38	1,74	2,27	1,75	0,52	— 4,63	— 1,22	72,0	70,2
Pancréas	7,71	6,00	1,71	1,13	0,87	0,26	— 5,13	— 1,45	85,4	84,5
Glandes salivaires	2,90	2,30	0,60	1,01	0,61	0,40	— 1,69	— 0,20	65,2	58,2
Cœur	10,85	8,44	2,41	12,33	9,40	2,93	+ 0,96	+ 0,52	?	?
Aorte et veine cave	3,43	2,64	0,79	2,13	1,02	0,51	— 1,02	— 0,28	37,8	35,6
Mésentère et épiploon	98,15	42,60	55,55	19,00	14,17	4,83	— 28,43	— 50,72	80,7	91,3
Yeux avec leurs muscles	37,82	26,25	11,57	12,02	9,14	2,88	— 17,11	— 8,69	68,2	75,1
Larynx et trachée	5,86	3,93	1,93	4,33	2,87	1,46	— 1,06	— 0,47	26,2	24,3
Utérus	»	»	»	10,91	8,61	2,30	»	»	»	»
Vessie	2,50	1,92	0,58	5,36	4,14	1,22	+ 2,22	+ 0,64	?	?
Ovaires	»	»	»	0,39	0,29	0,10	»	»	»	»
Peau	1 06	0,82	0,24	»	»	»	»	»	»	»
Sang	155,25	130,57	24,68	9,88	7,52	2,36	— 123,05	— 22,32	93,7	90,4
Bile	»	»	»	0,96	0,79	0,17	»	»	»	»
TOTAUX.	2572,00	1747,93	824,07	1241,02	723,87	517,33	—1021,06	—306,49	58,4	37,2

(a) Bidder und Schmidt, *Die Verdauungssaefte und der Stoffwechsel*, 1852, p. 331.

§ 4. — D'après tous ces faits, il me paraît bien démontré que la combustion physiologique peut être entretenue aux dépens de la substance constitutive des organes ; mais cette oxydation de matières albuminoïdes est-elle un phénomène nécessaire ou n'a-t-elle lieu dans les circonstances dont je viens de parler que parce que le principe comburant porté dans l'intérieur de l'économie par la respiration n'y trouve pas une quantité suffisante d'autres combustibles organiques ? En d'autres termes, la combustion vitale peut-elle être entretenue indifféremment par toute espèce de matières oxydables, ou doit-elle nécessairement être alimentée en partie par la substance des tissus animaux ou d'autres combustibles azotés du même ordre ? Conséquence de ces faits.

Si l'entretien de cette combustion était l'unique condition de l'activité physiologique des Animaux, ceux-ci devraient pouvoir se nourrir d'aliments hydrocarbonés sans mélange de matières azotées, à moins que ce ne fût pendant la période de croissance, lorsque leurs tissus, en voie de développement, nécessitent l'assimilation de matériaux semblables à ceux dont ces parties se composent. On devrait même s'attendre à voir les aliments remplir d'autant mieux leur rôle d'agents nutritifs, qu'ils seraient plus combustibles, ou du moins plus riches en carbone, en hydrogène, et par conséquent les substances carbo-hydrogénées, telles que le sucre ou les graisses, seraient les aliments par excellence, ou tout au moins des aliments suffisants. Mais il n'en est pas ainsi : nous savons, par les expériences de Magendie et de plusieurs autres physiologistes, que ces aliments ne répondent pas à tous les besoins de l'organisme, et que les Animaux adultes, aussi bien que les Animaux en voie de développement, meurent toujours plus ou moins promptement quand ils ne trouvent pas dans leur nourriture des principes organiques azotés (1).

(1) A l'époque où Magendie entreprit ces recherches (1816), les physiologistes n'avaient que des idées très-vagues et fort incomplètes, ou même

Il est aussi à noter qu'un Animal nourri avec de la graisse, du sucre ou tout autre élément non azoté, continue à excréter des produits azotés par les voies urinaires. Or, dans ce cas, l'azote qu'il élimine ne peut provenir que de sa propre substance, c'est-à-dire des matières azotées qui constituent les tissus de ses organes, ou qui se trouvent soit en dissolution, soit en suspension dans son sang et dans les autres fluides de l'organisme. La destruction d'une certaine quantité de matières de cet ordre, et leur transformation en urée ou en quelque produit analogue, ont lieu constamment, quel que soit le régime de l'animal.

J'ajouterai qu'un Chien qui ne mange que de la viande dépouillée de graisse peut, sans diminuer de poids, satisfaire à toutes les causes de déperdition inhérentes à son mode d'existence (1). Il n'en continue pas moins à exhaler de l'acide car-

erronées, sur le rôle des aliments dans la nutrition, et assez généralement on supposait que les Animaux avaient la faculté de transformer en matière histogénique toute substance nutritive; que la gomme ou le sucre, par exemple, se changeaient ainsi en chair, aussi bien que l'albumine ou la fibrine. Magendie chercha à déterminer si la vie d'un Animal pouvait être entretenue de la sorte à l'aide de matières réputées nutritives, qui ne contiennent pas d'azote, et dans cette vue il soumit des Chiens à l'usage exclusif de sucre et d'eau distillée. Les Animaux soumis à ce régime dépérirent rapidement, la cornée transparente s'altéra, la faiblesse générale devint extrême, et la mort arriva au bout d'environ cinq semaines. En employant comme aliment unique, tantôt de la gomme, d'autres fois du beurre ou de l'huile, Magendie obtint le même résultat (a).

Ainsi, dans les expériences de MM. Bischoff et Voit, relatives à l'influence de l'alimentation sur les produits de la sécrétion urinaire, nous voyons que chez un Chien dont la ration se composait uniquement de graisse, la quantité d'urée sécrétée en vingt-quatre heures était d'environ 14 grammes, et renfermait une quantité d'azote correspondant à 17 centigrammes pour 1 kilogramme du poids total du corps (b).

(1) La possibilité d'entretenir de la sorte un Chien a été constatée par M. Bischoff.

(a) Magendie, *Mémoire sur les propriétés nutritives des substances qui ne contiennent pas d'azote*, 1816 (*Journal de médecine* de Leroux, 1817, t. XXXVIII).

(b) Bischoff et C. Voit, *Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers*, 1860, p. 180 et suiv.

bonique, ainsi qu'à excréter de l'urée, et cela s'explique facilement, même sans l'intervention des matières grasses emmagasinées dans son corps; car, dans ce cas, il brûle beaucoup de matières protéiques, comme on peut en juger par l'abondance des produits azotés que ses reins excrètent, et les principes albuminoïdes, en s'oxydant pour donner naissance à de l'urée, doivent nécessairement perdre beaucoup de carbone et d'hydrogène.

Emploi dir[ect] des alimen[ts] pour l'entre[tien] de la combustio[n] physiologiq[ue]

§ 5. — L'étude du mode d'alimentation des Animaux et celle des produits ordinaires du travail nutritif dont ils sont le siége, nous conduisent également à reconnaître que, dans l'état normal, la combustion vitale est entretenue en partie par la substance des organes et en partie par les substances combustibles non azotées qui se trouvent dans le sang, ou qui sont emmagasinées autrement dans l'intérieur du corps, et qui ne sont pas aptes à servir de matériaux pour la constitution des tissus vivants. C'est donc avec raison que M. Dumas, dans ses savantes leçons sur la chimie physiologique, faites il y a une vingtaine d'années à notre école de médecine, et M. Liebig, dans une série de publications d'un haut intérêt sur le même sujet, ont divisé les aliments en deux classes principales: ceux qui ne sont destinés qu'à l'entretien de la combustion vitale, et ceux qui sont assimilables aux parties vivantes de l'organisme. Les premiers sont appelés communément les *aliments respiratoires*, et consistent en substances organiques carbo-hydrogénées, qui ne renferment pas d'azote, telles que le sucre et les graisses; les seconds ont reçu le nom d'*aliments plastiques*, et sont des principes immédiats protéiques, renfermant de l'azote aussi bien que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène: par exemple, de la fibrine, de l'albumine et de la caséine.

Cette distinction est très-utile et a beaucoup contribué aux progrès de nos connaissances relatives aux phénomènes de nutrition; mais en général les chimistes la présentent d'une ma-

nière trop absolue, et c'est à tort que M. Liebig considère les aliments respiratoires comme étant les seuls qui servent à l'entretien de la combustion vitale, et les aliments plastiques comme étant employés uniquement à la constitution des tissus organisés. Dans l'économie animale, il y a toujours oxydation d'une quantité plus ou moins considérable de matières albuminoïdes, car il y a toujours production et excrétion d'urée ou de quelque autre principe urinaire du même ordre, et le carbone éliminé des matières azotées pendant cette transformation doit concourir, comme celui des aliments non azotés, à la production de l'acide carbonique exhalé par l'appareil respiratoire. En effet, la protéine, que l'on peut considérer comme le type des aliments plastiques, se compose de $C^{40}H^{31}Az^{5}O^{12}$, et l'urée a pour formule $C^{2}H^{4}Az^{2}O^{2}$; par conséquent, 5^{gr},462 de protéine, en donnant naissance à 1^{gr},875 d'urée, laissent en liberté 2^{gr},623 de carbone, qui, transformés en acide carbonique, représenteront plus de 9^{gr},600 de ce dernier gaz. Il en résulte que chaque gramme d'urée produit de la sorte suppose une production correspondante d'environ 5 grammes d'acide carbonique (1).

Résumé. § 6. — En résumé, nous voyons donc que le corps d'un Animal vivant doit être considéré comme étant nécessairement

(1) En effet, les équivalents donnent :

$$C^{40} = 3000,00$$
$$H^{31} = 387,50$$
$$Az^{5} = 875,00$$
$$O^{12} = 1200,00$$
$$\overline{\quad 5462,50}$$

D'après un calcul analogue, on sait que la quantité d'urée contenant 875 grammes d'azote pèse 1875 grammes, car Az^{5} doit s'y trouver combiné avec :

$$C^{5} = 375$$
$$H^{10} = 125$$
$$O^{5} = 500$$

Ce qui donne pour le poids de l'urée produit 2622. Or, sur les 3000 parties de carbone contenues dans la protéine, l'urée n'en a employé que 375 ; il reste donc 35 équivalents de carbone (= 2625 parties), qui, transformés en acide carbonique (= CO^{2}), auront fixé 70 équivalents d'oxygène (soit 7000), et donnent, par conséquent, 9625 parties de ce composé.

le siége d'une combustion physiologique qui est déterminée par l'oxygène introduit dans l'économie par le moyen de la respiration, et qui est entretenue en partie aux dépens de la substance des tissus dont l'oxydation et la destruction partielle sont une conséquence des fonctions qu'ils ont à accomplir dans les phénomènes complexes de la vie, et qui peut être alimentée aussi en partie à l'aide de matières organiques combustibles, mais non organisables, qui ne constituent pas, à proprement parler, les organes vivants, et sont contenues seulement dans le fluide nourricier ou emmagasinées dans diverses parties de l'économie animale à titre de réserve alimentaire.

Il en résulte que la combustion vitale est plus active que ne le supposent les phénomènes qui déterminent l'oxydation et la consommation de la substance vivante. Par la pensée nous pouvons la diviser en deux parties, dont l'une est nécessairement désorganisatrice, et dont l'autre ne présente pas le même caractère.

La première, comme nous le verrons bientôt, paraît être corrélative du développement de la force mécanique et des autres manifestations de la puissance vitale. La seconde semble être une conséquence toute chimique de la propriété comburante de l'oxygène dont l'organisme se charge, et de la nature combustible des matières qui constituent le corps vivant ou qui sont contenues dans son intérieur; elle peut devenir désorganisatrice comme la première, mais ne l'est pas nécessairement; elle le devient quand l'oxygène qui est en circulation dans l'économie, et qui n'est pas employé pour l'oxydation nécessaire de la substance vivante, ne se trouve pas en presence de matières inertes suffisamment combustibles, ainsi que cela se voit chez les Animaux privés de nourriture; mais, dans les circonstances biologiques ordinaires, elle est entretenue directement par les matières alimentaires qui sont incluses dans l'organisme sans en faire partie intégrante.

Utilité d'une alimentation mixte.

§ 9. — L'expérience est pleinement d'accord avec ces vues théoriques, et l'étude chimique des substances que la nature destine uniquement à l'alimentation des jeunes Animaux, dont la nutrition doit être à la fois facile et forte, suffirait même pour nous apprendre qu'un pareil mélange convient mieux que tout autre régime. En effet, il est deux produits animaux, qui sont pour ainsi dire les types les plus parfaits de l'aliment, savoir : le lait, qui est la nourriture préparée par la Nature pour répondre aux besoins de l'Homme et des autres Mammifères pendant les premiers temps de leur vie ; et le jaune d'œuf, qui est une provision de matière nutritive destinée à être employée d'une manière analogue par l'embryon des Animaux ovipares, en attendant que ces êtres puissent chercher dans le monde extérieur les aliments qui leur conviendront. Or, le lait et le jaune d'œuf, comme nous le verrons par la suite, sont l'un et l'autre des corps riches en principes albuminoïdes et en principes gras, c'est-à-dire en aliments plastiques et respiratoires. Ainsi, par son exemple, la Nature nous enseigne à donner aux Animaux que nous voulons nourrir le mieux possible, des aliments mixtes.

Il est également à remarquer que la plupart des aliments dont les Animaux font usage instinctivement, sont en réalité des mélanges de ce genre. En effet, les Carnassiers trouvent dans leur proie des matières grasses aussi bien que des matières albuminoïdes, et presque toujours les substances végétales que les phytophages mangent contiennent du gluten ou quelque autre principe azoté du même ordre, associé à de la fécule, du sucre ou des corps gras. Seulement, dans les aliments d'origine animale, ce sont les matières plastiques qui prédominent, tandis que dans les aliments végétaux, ce sont d'ordinaire les principes immédiats carbo-hydrogénés qui abondent.

§ 10. — Avant d'aller plus avant dans l'étude des phénomènes de combustion dont l'économie animale est le siége,

et d'examiner plus en détail les conséquences de cette action chimique, je dois rappeler que la destruction des combustibles organiques effectuée ainsi n'est pas la seule cause de déperdition de substance agissant dans l'organisme, et que, par conséquent, ce n'est pas uniquement pour répondre aux besoins créés de la sorte, que l'Homme et les Animaux sont soumis à la nécessité de s'assimiler sans cesse de nouvelles quantités de matières étrangères. En effet, nous avons vu que de l'eau en quantité plus ou moins considérable circule toujours dans l'intérieur de leur corps, et qu'une partie de ce liquide s'échappe constamment au dehors sous la forme d'urine et d'autres humeurs excrémentitielles. Or, cette eau lave, pour ainsi dire, les tissus qu'elle baigne, et doit entraîner avec elle une portion des matières solubles qui entrent dans leur composition ou qui s'y trouvent déposées. Par conséquent, pour empêcher cette soustraction de matière, ou pour en contre-balancer les effets, il faut que l'eau introduite dans l'organisme soit accompagnée d'une certaine proportion de ces mêmes substances solubles dont la présence l'empêche de se charger de celles préexistantes dans les tissus, ou permette à ceux-ci d'y puiser pour réparer les pertes qu'ils peuvent avoir subies.

Influence de l'irrigatio physiologique sur la résorption

Pour mettre bien en évidence ce genre d'échanges qui s'établit entre les solides et les liquides de l'économie animale, suivant que les uns ou les autres sont plus ou moins chargés des matières pour lesquelles ils ont une certaine affinité, il me paraît utile de prendre en considération certains phénomènes que l'on n'observe pas dans les circonstances ordinaires, et qui sont faciles à constater d'une manière nette.

L'étude du mode d'action des poisons sur l'économie animale a permis aux physiologistes de reconnaître que beaucoup de substances minérales, qui ne sont pas des matériaux normaux de l'organisme et qui sont portées dans le torrent de la circulation par absorption ou autrement, se déposent dans le

tissu de certains organes, et s'y combinent de manière à y être retenues avec plus ou moins de force. Ces tissus enlèvent donc au sang une portion de ces matières minérales dont la présence dans l'économie est accidentelle ; mais lorsque, par suite de la cessation de l'arrivée de ces matières étrangères et du renouvellement normal de l'eau dans le fluide nourricier, celui-ci cesse d'en être chargé, il redissout peu à peu les substances qu'il avait abandonnées lorsqu'il en était saturé, et les expulse ensuite au dehors avec la portion de liquide qu'il cède aux organes excréteurs. Ainsi, dans les cas d'empoisonnement par les préparations arsenicales, la substance toxique est absorbée et introduite dans le sang ; puis elle circule avec ce fluide dans toutes les parties du corps, mais elle s'arrête dans certaines parties, et se fixe plus particulièrement dans le tissu du foie et de quelques autres organes, où elle s'accumule de façon à être facile à découvrir par les procédés d'analyse dont la chimie moderne dispose (1). Mais lorsque les désordres

(1) Ce dépôt de l'acide arsénieux dans la substance des divers tissus de l'organisme, lorsque cette matière minérale se trouve dans le torrent de la circulation, a été très-bien établi par Orfila. Ce toxicologiste a constaté aussi que le poison ainsi emmagasiné est ensuite résorbé et expulsé de l'organisme par la sécrétion urinaire ; circonstance qui explique l'utilité des diurétiques dans les cas où de petites quantités d'arsenic ont été absorbées (*a*).

Des faits du même ordre ont été fournis par l'étude de l'action lente des préparations antimoniales sur l'économie animale. Ainsi, en expérimentant sur des Chiens, M. Millon a vu qu'à la suite de l'administration quotidienne d'une certaine quantité de tartre émétique, pendant plusieurs jours, l'antimoine se retrouve en proportions à peu près égales dans toutes les parties de l'organisme ; mais lorsque les Animaux qui ont été empoisonnés de la sorte ne périssent pas et sont remis à leur régime ordinaire, ce métal disparaît assez promptement du tissu musculaire et de quelques autres parties du corps, tandis qu'il séjourne fort longtemps dans le foie, dans le tissu adipeux et dans les os. Chez un Chien qui fut tué quatre mois après la résorption de l'émétique, on trouva des quantités considérables d'anti-

(*a*) Orfila, *Mémoires sur l'empoisonnement* (*Mém. de l'Acad. de médecine*, 1840, t. VIII, p. 418). — *Traité de toxicologie*, 1852, t. I, p. 453).

produits ainsi ne sont pas mortels, et que l'introduction de l'arsenic dans le sang ne continue pas, le métal déposé de la sorte est peu à peu repris par les fluides en circulation et éliminé de l'organisme par la sécrétion urinaire. Il en est de même pour le mercure et pour le plomb ; suivant qu'il en existe davantage dans le sang ou dans les tissus qui sont aptes à s'en emparer, le torrent irrigatoire en dépose ou en enlève à mesure qu'il traverse ceux-ci, et, lorsque les solides vivants ont été chargés d'une de ces substances toxiques, on peut en accélérer la résorption et l'expulsion au dehors en introduisant dans le sang certains médicaments qui rendent ce liquide plus apte à attaquer et à dissoudre les composés insolubles que ce métal avait formés dans la profondeur des organes : par exemple, en administrant de l'iodure de potassium (1).

Il en résulte que par l'effet de la combustion physiologique d'une part, et du lavage irrigatoire d'autre part, toutes les substances combustibles ou solubles qui entrent dans la compo-

moine dans le foie et dans les os, mais les autres parties du corps n'en contenaient que fort peu (*a*).

M. A. F. Orfila a constaté qu'à la suite de l'introduction lente des sels solubles de plomb et de cuivre dans l'économie animale, ces métaux pouvaient séjourner dans le foie, les os, etc., pendant huit mois ou même davantage, mais que peu à peu ils sont résorbés et excrétés avec les urines, la sueur, etc. (*b*).

(1) On doit à M. Melsens des recherches intéressantes sur ce sujet. Les composés mercuriels insolubles, tels que ceux résultant de l'action du sublimé corrosif sur les matières albuminoïdes, se dissolvent dans l'iodure de potassium, et cette substance, introduite dans le torrent de la circulation, les déplace, puis les entraîne au dehors par les voies urinaires. Cela explique l'utilité de l'emploi de ce médicament dans les cas d'intoxication lente par le mercure. Des effets analogues sont produits par l'iodure de potassium, lorsque l'organisme est chargé de matières contenant du plomb (*c*).

(*a*) Millon, *Sur la permanence de l'antimoine dans les organes vivants* (*Revue scientifique et industrielle*, 1847, t. XXVI, p. 36).

(*b*) A. F. Orfila, *De l'élimination des poisons*, thèse. Paris, 1852.

(*c*) Melsens, *Mémoire sur l'emploi de l'iodure de potassium pour combattre les affections saturnines et mercurielles* (*Ann. de chimie et de physique*, 3[e] série, 1849, t. XXVI, p. 215). — Parkes, *On the Elimination of Lead by Iodide of potassium* (*British and Foreign Med. Review*, 1853, p. 522).

sition du corps animal sont susceptibles d'être détruites ou enlevées, et que pour empêcher ces pertes ou pour les réparer, l'être vivant a besoin d'introduire continuellement dans son organisme de nouvelles provisions de chacune de ces substances, lors même que sa croissance est terminée, et que son poids doit rester stationnaire. Pour se nourrir, il lui faut donc non-seulement des matières organisées propres à la formation de ses tissus, et des aliments de la respiration, mais aussi toutes les substances inorganiques qui sont nécessaires à la constitution, soit de ses organes, soit de ses humeurs, et qui sont sans cesse entraînées au dehors avec l'eau dont les reins ou les autres glandes opèrent l'excrétion.

Ainsi l'Animal adulte, de même que l'Animal en voie de développement, a besoin de trouver dans ses aliments, en certaines proportions, tous les éléments constitutifs des corps composés qui sont à leur tour les matériaux dont ses organes sont formés, et il faut que ces éléments lui soient fournis dans un état tel, qu'il puisse les utiliser, c'est-à-dire déjà combinés de façon à fournir les matériaux dont je viens de parler, ou des substances à l'aide desquelles il pourra les produire.

Pour connaître les besoins nutritifs d'un Animal, il suffit donc de connaître ce qui compose son organisme et la quantité de chacun de ses matériaux constitutifs qu'il perd en un temps donné, soit par les voies respiratoires, soit par la sécrétion urinaire ou toute autre excrétion.

Diversité des éléments chimiques dont l'introduction est nécessaire.

§ 11. — Ainsi que chacun le sait, les corps que les chimistes appellent simples ou élémentaires, parce qu'on n'en peut obtenir que des molécules d'une même sorte, ne peuvent être ni détruits, ni créés, ni transformés par les forces dont l'Homme dispose, et, à cet égard, la puissance vitale n'est pas plus grande. Aucun élément chimique ne peut donc naître dans l'économie animale, et tous les corps simples qui s'y trouvent ont dû y arriver du dehors. Jadis quelques physiologistes pen-

saient qu'il n'en était pas ainsi, et que certains éléments étaient créés dans l'intérieur de l'organisme; mais c'est là une erreur dont la réfutation serait aujourd'hui superflue, et il suffit de la signaler en termes précis pour en faire justice. Il est vrai que dans quelques cas certains éléments n'arrivent dans le corps de quelques Animaux qu'en si petites quantités à la fois, que nos moyens d'analyse ne nous permettent pas d'en constater toujours la présence dans les aliments ou les boissons dont ces êtres font usage; mais toutes les fois que l'origine des matières constitutives de l'organisation a été attentivement examinée, on a pu se convaincre de la généralité de la loi que je viens de rappeler.

Analogie de composition des principaux aliments.

Pour dresser la liste complète des éléments qui entrent dans la composition de la substance constitutive de l'organisme, il faut analyser le corps tout entier de l'Animal dont on s'occupe. Mais l'étude que nous avons déjà faite de la composition du sang peut nous suffire en ce moment, car ce liquide est en quelque sorte le fonds commun dont toutes les parties de l'économie tirent leur substance, et par conséquent il doit contenir tout ce que ces parties renferment. Je me bornerai donc à rappeler ici que ce fluide nourricier est formé par de l'eau tenant en dissolution ou en suspension des matières minérales fort diverses, aussi bien que des matières organiques, parmi lesquelles il en est qui sont composées non-seulement d'azote, de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, mais aussi de soufre et de phosphore. Au nombre des substances inorganiques se trouvaient le chlorure de sodium, des sulfates et des phosphates de soude, de potasse, de chaux et de magnésie; enfin des composés de silice, de fer, etc. Par conséquent, il faut que l'Homme et les Animaux trouvent dans leurs aliments non-seulement du carbone, de l'azote, de l'hydrogène et de l'oxygène, mais aussi du soufre, du phosphore, du chlore, du sodium, du calcium, et tous les autres éléments que je viens d'énumérer.

Du reste, sauf les proportions qui varient, les mêmes éléments essentiels se trouvent réunis dans le corps de tous les êtres vivants, que ceux-ci soient des Animaux ou des plantes; et par conséquent la substance des uns et des autres peut toujours être un aliment complet pour l'Animal qui a le pouvoir d'en absorber une quantité suffisante. Ainsi, le régime du Carnassier et celui de l'Herbivore diffèrent entre eux beaucoup moins qu'on ne serait porté à le croire au premier abord. La proie dont le premier se nourrit contient beaucoup de matières grasses associées à des matières azotées, et par conséquent fournit à celui-ci un mélange d'aliments respiratoires et plastiques, en même temps que des phosphates terreux et les autres sels minéraux dont l'organisme a besoin (1). Dans le régime de l'Herbivore, la proportion des matières carbo-hydrogénées est plus considérable ; mais dans presque tous les aliments végétaux, tels que la Nature les fournit, il y a aussi des substances azotées, et si l'Animal est capable de digérer une quantité considérable de ces matières végétales, il y trouve en définitive tout l'azote dont il a besoin.

Il est aussi à noter qu'en général les Animaux boivent en quantité plus ou moins considérable de l'eau, qui tient en disso-

(1) On doit à MM. Gilbert et Lawes une longue série de recherches très-intéressantes sur la composition chimique de l'ensemble de l'organisme des divers Animaux de boucherie employés en Angleterre, et sur celle des différentes parties de leur corps. Ils ont trouvé que la viande, telle qu'on la mange ordinairement, contient plus de matières grasses que de substance azotée sèche, et que dans le corps entier de la plupart des Animaux de boucherie, les premières sont beaucoup plus abondantes. Quand ces Animaux ont été engraissés pour le marché, on trouve chez le Bœuf deux ou trois fois autant de graisse que de matières azotées sèches. Chez les Moutons, cette proportion s'élève ordinairement à 4 pour 1, et atteint quelquefois 6 pour 1 (a). En France, les Animaux de boucherie ne sont pas chargés d'autant de graisse qu'en Angleterre.

(a) Lawes and Gilbert, *On the Composition of some of the Animals fed and slaughtered as human food* (*Philos. Trans.*, 1859, p. 521).

lution des sels calcaires et autres. Or, ces matières minérales concourent aussi à l'entretien du travail nutritif dont leur organisme est le siége, et il est probable que si beaucoup d'Animaux marins périssent plus ou moins promptement dans l'eau douce, cela dépend souvent de ce qu'ils ne trouvent pas dans celle-ci, comme dans l'eau de la mer, toutes les substances minérales dont ils ont besoin pour la constitution de leur organisme (1).

Ainsi, en résumé, nous voyons que, pour l'alimentation normale des Animaux, il faut la réunion de trois sortes de substances : des matières organiques plastiques (2), des matières organiques essentiellement combustibles, et des matières minérales, lesquelles se trouvent effectivement associées dans pres-

(1) Il me paraît également très-probable que l'inaptitude de certains Animaux marins à vivre dans l'eau douce, ou de certains Animaux d'eau douce à vivre dans l'eau salée, dépend des phénomènes osmotiques qui se produisent lorsqu'ils changent de milieu. Ainsi l'Animal qui habite les eaux de la mer doit, par un effet d'endosmose, se charger d'une quantité inaccoutumée d'eau, lorsqu'il vient à être plongé dans de l'eau qui n'est pas chargée de sel, et l'Animal d'eau douce qui subit le contact de l'eau de la mer doit au contraire céder à ce liquide une certaine quantité de l'eau dont les tissus situés près de la surface de son corps sont chargés. Il serait intéressant d'étudier à ce point de vue l'action des bains.

L'insalubrité des eaux qui proviennent de la fonte des neiges et qui n'ont pas coulé longtemps sur un sol chargé de sels calcaires, dépend en partie de leur trop grande pureté et de l'absence d'une proportion convenable de matières calcaires en dissolution.

(2) Rien ne nous autorise à penser que les substances azotées non organiques puissent servir à la nutrition de la plupart des Animaux, et se substituer aux matières albuminoïdes dans les phénomènes histogéniques. Je dois ajouter, cependant, que quelques chimistes pensent que les composés ammoniacaux peuvent être utilisés dans l'intérieur de l'organisme. Ainsi, M. Kuhlmann, ayant remarqué que les Mollusques d'eau douce se multipliaient beaucoup dans les fossés d'une usine où arrivaient des eaux chargées de bicarbonate d'ammoniaque, entreprit quelques expériences sur l'emploi des sels ammoniacaux dans l'alimentation des Cochons. Il constata que ces Animaux peuvent en prendre sans inconvénient des doses considérables mêlées à leurs aliments, et que, sous l'influence de ce régime, leur urine devient plus alcaline et paraît plus chargée

que toutes les substances alimentaires, telles que la Nature les fournit.

Modes d'appréciation des besoins nutritifs.

§ 12. — Il résulte également de l'ensemble des faits dont je viens de rendre compte, que l'utilisation des matières alimentaires dans la profondeur de l'organisme est corrélative de l'oxydation de ces mêmes matières ou de celles qu'elles remplacent, et que, par conséquent, tout ce travail intérieur, que je désignerai d'une manière générale sous le nom de *mutation nutritive*, est subordonné à l'absorption et à la fixation de l'oxygène introduit dans l'économie animale par l'acte de la respiration. Il doit donc y avoir une relation directe entre la grandeur de la puissance respiratoire et l'intensité du mouvement nutritif. Par conséquent encore, nous pourrons juger de la valeur fonctionnelle de ce mouvement par la quantité d'air que l'Animal consomme (1).

Les connaissances que nous avons acquises au commencement de ce Cours, touchant l'activité respiratoire des divers Animaux et du même Animal, quand il est placé dans des conditions différentes, peuvent ainsi nous aider dans l'appréciation des mutations nutritives. Mais les recherches relatives aux

d'urée que dans les circonstances ordinaires (*a*).

Pour les Animalcules qui jouent le rôle de ferments, et qui vivent à la manière des Végétaux, en réduisant des matières oxydées, la faculté d'utiliser les composés ammoniacaux dans le travail nutritif a été mise hors de doute par les expériences de M. Pasteur. Effectivement, ce savant a constaté que pour ces êtres singuliers, le tartrate d'ammoniaque est un aliment tout comme le serait de l'albumine ou de la caséine (*b*).

(1) Tout ce que je dis ici s'applique aux Animaux ordinaires ; mais les recherches récentes de M. Pasteur m'obligent à faire des réserves au sujet des êtres animés microscopiques qui appartiennent à la catégorie des ferments, et qui ne respirent pas de la même manière que les précédents (*c*).

(*a*) Kuhlmann, *De l'influence des alcalis dans divers phénomènes naturels, et en particulier du rôle que joue l'ammoniaque dans la nutrition des Animaux* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1847, t. XXIV, p. 263).

(*b*) Pasteur, *Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1861, t. XVI, p. 95).

(*c*) Voyez ci-dessus, page 122.

quantités d'oxygène employées par les êtres animés sont peu nombreuses, et elles présentent des difficultés considérables. Ce sera donc principalement par l'examen de faits d'un autre ordre que nous chercherons à nous éclairer sur la marche des phénomènes de combustion ou de rénovation organique dont l'étude nous occupe en ce moment.

En effet, pour évaluer les résultats de ces actions moléculaires, il n'est pas indispensable de tenir compte de l'élément comburant ; il suffit de prendre en considération les combustibles physiologiques, et de connaître, soit la quantité de ces corps qui arrivent dans l'organisme, sans en augmenter le poids, soit la quantité des divers produits excrémentitiels qui s'échappent de l'économie animale, genre de détermination qui est en général facile.

On appelle *ration d'entretien*, la quantité d'aliments qu'un Animal doit consommer pour subvenir d'une manière complète aux besoins de la mutation nutritive dont son organisme est le siége. Ce travail s'effectue alors sans perte ni gain apparent, et le poids du corps reste stationnaire ou n'oscille qu'entre des limites très-étroites. Si l'alimentation est insuffisante, la combustion vitale est entretenue en partie au moins à l'aide de la substance propre de l'Animal, et alors le poids de son corps diminue proportionnément aux pertes qu'il subit. Si, au contraire, sous l'influence d'un régime déterminé, le poids de son corps augmente, il en faut conclure que la quantité des matières étrangères introduites dans son organisme dépasse celle dont il peut opérer la destruction et l'élimination. Quand l'Animal est encore jeune et en voie de développement, cet excédant est employé en totalité ou en partie à la formation de tissus nouveaux ; mais lorsque l'Animal est adulte, les matières combustibles surabondantes s'accumulent dans diverses parties, principalement sous la forme de graisse, et constituent des réserves de substance nutritive. Il en résulte qu'en tenant

compte de la quantité d'aliments consommés par un Animal et du poids de son corps, on peut évaluer avec une précision suffisante le degré d'activité de la mutation nutritive qui s'opère dans son organisme, sans avoir égard, ni à l'oxygène qu'il absorbe, ni aux matières qu'il excrète.

La même question peut être résolue par l'évaluation des diverses excrétions qui, étant les produits de la mutation nutritive, donnent aussi la mesure de ce phénomène.

Enfin, on peut juger aussi de l'activité plus ou moins grande du travail nutritif par la déperdition totale que l'animal subit quand il ne reçoit du dehors aucun aliment et vit aux dépens de sa propre substance.

Circonstances qui influent sur le degré d'activité du travail nutritif.

§ 13. — Du reste, quelle que soit la méthode d'investigation employée, on reconnaît facilement qu'il existe de grandes différences dans l'activité avec laquelle les mutations nutritives s'effectuent non-seulement chez les divers Animaux, mais aussi chez les individus d'une même espèce, suivant l'âge, le sexe et une multitude d'autres circonstances.

Influence du poids du corps.

Il est d'observation que, lorsque toutes choses sont égales d'ailleurs, le volume du corps influe beaucoup sur la quantité de matière organique consommée par un Animal. Chacun sait qu'un Homme grand a besoin de plus d'aliments qu'un individu de petite taille, et que la ration d'entretien d'un petit Cheval serait insuffisante pour un Cheval dont la taille serait élevée. Il est vrai que chez deux Animaux de même espèce ou d'espèces voisines, cette consommation n'est pas tout à fait proportionnelle au poids de l'organisme, et que, comparativement à ce poids, elle est plus forte chez les petits individus que chez les grands ; mais il y a toujours, chez les Animaux dont l'activité vitale est à peu près la même, un rapport intime entre la quantité de matière vivante dont l'organisme se compose et la quantité de matière alimentaire ou organisée qui est employée à l'entretien du mouvement nutritif. Il en résulte que chez les

individus de grande taille, la quantité de matières urinaires excrétées journellement est aussi plus considérable que chez les individus de même espèce dont le poids du corps est moins élevé. Cela ressort nettement des observations faites sur l'Homme par plusieurs physiologistes. Ainsi, dans les recherches de M. Scherer, la quantité d'urée sécrétée en vingt-quatre heures s'est élevée à environ 13, 18, 27 et 30 grammes chez quatre individus dont le poids du corps était de 16, 22, 62 et 70 kilogrammes (1).

(1) Voici les principaux faits constatés par M. Scherer sur les quatre individus mentionnés ci-dessus. Dans la dernière colonne, on a indiqué la quantité proportionnelle d'urée, calculée pour une même unité du poids du corps, savoir, 1 kilogramme :

	AGE.	POIDS.	URINE.	URÉE.	MATIÈRES extractives, etc.	MATIÈRE inorganique.	PROPORT. D'URÉE pour 1 kilogr. du poids du corps.
	Ans.	Kilogr.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.
N° 1 (fille). . .	3 1/2	16	755	12,98	2,17	10,98	0,81
N° 2 (garçon).	7	22	1077	18,29	3,88	10,23	0,82
N° 3 (homme).	22	62	2156	27,008	24,33	23,627	0,43
N° 4 (homme).	38	70	1761	29,824	20,484	20,919	0,42

Des recherches analogues faites par M. Rummel et par M. Bischoff ont donné des résultats semblables, sauf en ce qui concerne un vieillard, comme on peut le voir par le tableau suivant :

EXPÉRIENCES DE M. RUMMEL.

	Age.	Poids.	Urée.	Proportion d'urée pour 1 kilogr.
	Ans.	Kilogr.	Gram.	Gram.
N° 1.	3	13,6	13,57	1,03
N° 2.	4	14,5	15,59	1,08
N° 3.	5	16,7	18,22	1,08
N° 4.	18	58	36,52	0.62
N° 5.	31	71	39,28	0,51
N° 6.	65	57	19,17	0,33

EXPÉRIENCES DE M. BISCHOFF.

	Age.	Poids.	Urée.	Proportion d'urée pour 1 kilogr.
	Ans.	Kilogr.	Gram.	Gram.
N° 1.	3	15	11,27	0,53
N° 2.	16	48	19,86	0,41
N° 3.	18	66	20,19	0,30
N° 4.	43	99	25,32	0,28
N° 5.	45	104	37,70	0,35

Je dois ajouter que les individus désignés ici sous le n° 3 dans les expériences de M. Rummel, et sous les n°s 3 et 4 dans celles de M. Bischoff, étaient du sexe féminin (*a*).

(a) Scherer, *Vergleichende Untersuchungen der in 24 Stunden durch den Harn austretenden Stoffe* (*Verhandlungen der Phys. Med. Gesellschaft in Würzburg*, 1852, t. III, p. 180).

— Rammel, *Beitrâge zu den vergl. Untersuch. der in 24 Stunden durch den Harn ausgeschiedenen Stoffe* (*Verhandl. der Phys. Med. Gesellsch. zu Würzburg*, 1854, t. V, p. 110).

— Bischoff, *Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels*, 1853, p. 25 et suiv.

Effectivement, toutes les particules de substance organisée dont l'économie animale se compose, semblent participer à ce travail métamorphique et concourir à la production des matières excrémentitielles, dont la quantité nous donne la mesure de la somme des actions partielles accomplies de la sorte; mais de même que la mutation de la matière n'est pas également rapide dans tous les organes d'un même individu, le degré de puissance mutatoire dont les parties correspondantes sont douées chez les divers Animaux peut varier. Par conséquent, il peut y avoir, à poids égaux, de grandes différences dans la consommation physiologique.

Ainsi nous avons vu, au commencement de cette Leçon, que tous les Animaux meurent lorsqu'ils ne reçoivent pas du dehors de nouvelles provisions de matières nutritives, et vivent aux dépens de leur propre substance jusqu'à ce qu'ils aient atteint un certain degré de dépérissement. La quantité de matière qu'ils peuvent perdre ainsi sans que la mort en résulte, paraît être à peu près la même pour tous; mais il existe des différences énormes dans la durée du temps pendant lequel ils peuvent vivre ainsi sur eux-mêmes, et par conséquent dans la rapidité avec laquelle ils dépensent la matière qu'il leur est possible d'abandonner (1). Nous voyons, par exemple, dans les expériences de Chossat, que les Mammifères et les Oiseaux privés

(1) Chossat conclut de ses expériences, que dans l'inanition, c'est-à-dire l'abstinence complète de tout aliment organique, la durée de la vie est égale à la perte intégrale proportionnelle divisée par la perte diurne proportionnellement moyenne(*a*); mais il est évident que pour que la perte intégrale proportionnelle ait toujours la même valeur physiologique, il faudrait que l'état initial de l'organisme fût toujours le même, quant à la réserve nutritive contenue dans le corps de l'Animal. Or, il existe à cet égard des différences très-considérables, et par conséquent la question est moins simple qu'on ne serait porté à le supposer au premier abord.

(*a*) Chossat, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.*, t. VIII, p. 472).

d'aliments organiques, et ne recevant que de l'eau, n'ont résisté à l'inanition qu'environ dix jours, terme moyen, et ont perdu en moyenne 42 millièmes de leur poids chaque jour; tandis que les Grenouilles placées dans des conditions analogues ont vécu aux dépens de leur propre substance pendant neuf mois; en moyenne, et quelquefois jusqu'à quatorze ou quinze mois, mais que la perte de poids subie par ces Animaux n'était en moyenne que d'environ 0,0015 de leur poids initial, c'est-à-dire environ un trentième de celle constatée chez les Vertébrés à sang chaud. Chossat a obtenu des résultats analogues en opérant sur des Reptiles et des Poissons; en sorte qu'on peut poser en règle que la consommation de matière organique nécessaire à l'entretien de la vie est beaucoup plus considérable chez les Mammifères et les Oiseaux que chez les Vertébrés à sang froid.

Je pourrais citer ici beaucoup d'autres faits propres à montrer l'inégalité qui existe entre les Animaux supérieurs et ceux dont l'activité vitale est moindre, quant à la grandeur des besoins nutritifs et à la faculté de vivre avec peu, inégalité qui implique des différences correspondantes dans le travail de mutation de la matière organique dont l'économie est le siége; mais je me bornerai à faire remarquer que les résultats auxquels nous arrivons de la sorte sont parfaitement conformes à ceux que nous a déjà fournis l'étude des phénomènes de la respiration. En effet, nous avons vu que la quantité d'oxygène absorbée en un temps donné par les divers Animaux est loin d'être proportionnelle au poids de la matière vivante dont leur corps se compose, et varie beaucoup suivant le degré de puissance physiologique dont ils sont doués. Ainsi, nous avons vu qu'un Poisson, lors même qu'il est beaucoup plus gros qu'un Oiseau, peut vivre pendant plus d'une heure avec une quantité d'air qui serait insuffisante pour l'entretien de la respiration de

l'Oiseau pendant une minute (1). Or, la quantité de l'élément comburant, dont les Animaux font usage, est nécessairement en rapport avec la quantité de matières combustibles qu'ils consument, et par conséquent les Animaux dont la respiration est la plus active sont aussi ceux qui effectuent avec le plus de rapidité la mutation nutritive dont tout corps vivant est le siége.

En étudiant la respiration, nous avons vu aussi qu'il existe des rapports étroits entre l'activité de cette fonction et les diverses manifestations de la puissance vitale; que plus les actions physiologiques sont grandes, plus la consommation d'oxygène est considérable, et que tout déploiement de force est accompagné de phénomènes de combustion organique. Nous pouvons donc prévoir qu'il doit en être de même pour l'emploi des matières combustibles dont la transformation accompagne ou constitue le mouvement nutritif, et que par conséquent l'abondance des produits excrémentitiels fournis par l'organisme, ainsi que la quantité de matière alimentaire nécessaire pour contre-balancer ces pertes, sont subordonnées au degré de puissance physiologique déployée par l'Animal.

Voyons si l'expérience confirmera ce raisonnement.

Influence de l'âge.

§ 14. — On sait depuis l'antiquité que l'âge influe beaucoup sur la faculté de supporter l'abstinence; que chez les jeunes Animaux le besoin de nourriture se fait sentir à de courts intervalles, tandis que dans l'âge mûr, et surtout dans la vieillesse, le jeûne peut être soutenu pendant plus longtemps sans aucun inconvénient grave. Le tableau tragique que le Dante trace des souffrances d'Ugolin et de ses enfants est l'expression de ce qui doit arriver quand des personnes dont l'âge diffère beaucoup périssent d'inanition : c'est le plus jeune qui meurt d'abord, et le plus vieux qui résiste le plus. Or, cela ne dépend pas de ce

(1) Voyez tome II, page 516 et suivantes.

que celui-ci peut supporter des pertes plus grandes que le premier, mais de ce qu'en un temps donné il perd moins : les expériences de Chossat nous le démontrent. En évaluant comparativement ces pertes par la diminution du poids du corps chez des Tourterelles dont les unes étaient jeunes, d'autres adultes, et d'autres encore plus avancées en âge, ce physiologiste trouva que la perte diurne proportionnelle était :

de 81 millièmes chez les premières,
de 59 millièmes chez les secondes,
et de 35 millièmes seulement chez les dernières.

Or les premières, c'est-à-dire les plus jeunes, sont mortes de faim au bout de trois jours ; les secondes ont vécu sans aliments pendant six jours, et les plus âgées ont résisté aux effets mortels de l'inanition pendant treize jours. Il est vrai que dans ce cas la perte intégrale a été beaucoup plus forte chez les individus les plus âgés, mais cette cause de différence, dépendant peut-être de la proportion de graisse accumulée préalablement dans leur corps, ne suffirait pas pour rendre compte des différences observées ; et l'inégalité dans la durée de la vie alimentée uniquement par la substance de l'Animal dépendait évidemment en majeure partie de la grande inégalité que la balance a révélée dans la dépense physiologique (1). Nous savons, d'ailleurs,

(1) Il est à regretter que l'âge des Tourterelles employées par Chossat n'ait pas pu être constaté directement et n'ait été évalué que par les différences dans leurs poids (*a*).

Des faits du même ordre ont été constatés sur des Chiens par Magendie. Ce physiologiste, en expérimentant sur des Animaux âgés de quatre jours, vit la mort arriver après quarante-huit heures d'abstinence, tandis que des individus âgés de plus de six ans résistèrent encore après plus de trente jours de diète absolue ; d'autres Chiens déjà grands, mais plus jeunes que ces derniers, ont vécu sept, dix, onze, quinze et vingt jours sans aliments (*b*). Des expériences analogues

(*a*) Chossat, *Op. cit.*, p. 466.
(*b*) Magendie, *Rapport fait à l'Académie des sciences au nom de la Commission dite de la gélatine* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1841, t. XIII, p. 255).

que la combustion respiratoire est beaucoup plus active chez l'enfant que chez l'adulte, et s'affaiblit considérablement chez le vieillard. Ainsi, nous avons vu que dans des conditions analogues un enfant a consommé par jour une quantité de carbone correspondant à 6 grammes pour chaque kilogramme du poids intégral de son corps, tandis que chez un adulte cette consommation diurne n'était, proportionnellement au poids total de l'organisme, que de 3 grammes (1).

La grande diminution dans le travail de mutation nutritive qui nous est démontrée par ces faits ressort également de l'étude des produits de la sécrétion urinaire. Ainsi, M. Lecanu a trouvé que la quantité moyenne d'urée excrétée en vingt-quatre heures était d'environ 28 grammes pour les Hommes adultes de vingt à quarante ans, et d'environ 13 grammes pour des garçons de huit ans; or le poids du corps augmente beaucoup plus que dans le rapport de 1 à 2 à dater de ce dernier âge. Enfin, le même chimiste a vu que la sécrétion diurne de l'urée n'était plus que d'environ 8 grammes chez des vieillards; elle était par conséquent de beaucoup inférieure à ce qu'il avait constaté chez les enfants de huit ans, malgré la différence en sens inverse qui devait exister dans le poids total du corps (2).

ont été constatées par Collard de Martigny dans ses expériences sur les effets de l'abstinence chez les Lapins adultes et jeunes (*a*).

(1) Voyez tome II, page 564.

(2) Il est à regretter que dans ses recherches sur la sécrétion journalière de l'urine, M. Lecanu n'ait tenu un compte exact ni du poids des individus soumis à ses expériences, ni de la quantité d'aliments qu'ils recevaient. Je dois ajouter que le dosage de l'urée contenue dans l'urine d'enfants de trois ou quatre ans n'a pas donné des résultats en accord avec la marche générale des phénomènes indiqués ci-dessus; car la quantité absolue de ce produit excrémentitiel n'était pas égale au tiers de celle fournie par les urines d'enfants de huit ans, et la différence dans le poids du corps est loin d'être dans la même proportion (*b*).

(*a*) Collard de Martigny, *Recherches expérimentales sur les effets de l'abstinence complète* (*Journal de physiologie* de Magendie, 1828, t. VIII, p. 163).

(*b*) Lecanu, *Nouvelles recherches sur l'urine humaine* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1839, t. XII, p. 106).

Ces vues sont pleinement confirmées par les résultats obtenus plus récemment à l'aide d'expériences dans lesquelles les proportions entre le poids total de l'organisme et le rendement journalier de l'appareil urinaire ont été déterminées directement. Ainsi, dans les recherches de M. Scherer, la quantité d'urée excrétée en vingt-quatre heures était de $0^{gr},81$ par kilogramme chez un jeune garçon de sept ans, et de $0^{gr},42$ chez un adulte de trente-huit ans. Dans une série d'expériences analogues faites par M. Rummel, la décroissance des produits urinaires à mesure que l'Homme avance en âge était encore plus marquée. Ainsi, il y avait par kilogramme :

Gram.
1,08 chez un garçon de huit ans;
0,62 chez un jeune homme de dix-huit ans;
0,51 chez un homme de trente et un ans;
0,33 chez un vieillard de soixante-cinq ans.

Des différences du même ordre ont été constatées par M. Bischoff (1).

§ 15. — La consommation des matières organiques dépendant du mouvement nutritif diffère aussi suivant les sexes, et elle est beaucoup plus grande chez l'Homme que chez la Femme. Nous avons déjà vu qu'à poids égal, le corps fournit beaucoup plus d'acide carbonique chez les petites filles que chez les garçons, et qu'à l'âge adulte, l'inégalité est encore très-grande, quoique modifiée par diverses circonstances dépendantes des fonctions de reproduction (2). La quantité des produits de la combustion physiologique qui s'échappent de l'organisme par les voies urinaires est également beaucoup moins considérable chez la Femme que chez l'Homme (3).

Influence du sexe.

(1) Voy. ci-dessus page 155, note.

(2) Voyez tome II, page 565.

(3) Ainsi, dans les expériences de M. Lecanu, la quantité d'urée excrétée en vingt-quatre heures était, en moyenne, de 28 grammes pour les

Influence du volume du corps.

§ 16. — Cependant, ainsi que je l'ai déjà dit, quand toutes choses sont égales d'ailleurs, l'activité vitale est en général plus grande chez les petits Animaux que chez ceux dont le corps est plus volumineux, et, pour un même poids de matière vivante, les premiers consomment plus d'oxygène et brûlent plus de carbone que les seconds. Cette inégalité entraîne avec elle des différences correspondantes dans la proportion des produits excrémentitiels éliminés de l'organisme, et dans celle des matières alimentaires nécessaires pour constituer la ration d'entretien. En étudiant les phénomènes de la respiration, nous en avons déjà eu des preuves (1), et lorsque nous nous occuperons de l'engraissement de nos Animaux de boucherie, j'aurai à signaler d'autres faits du même ordre qui sont non moins significatifs (2).

Influence de l'activité musculaire.

§ 17. — Dans une précédente Leçon, nous avons vu que le développement de la force musculaire est accompagné d'une

Hommes adultes, et seulement de 19 grammes pour les Femmes (*a*). Nous avons vu ci-dessus que les recherches de M. Bischoff mettent encore mieux cette différence en lumière. Ainsi, dans le tableau qui représente les résultats obtenus par ce physiologiste, on trouve que pour 1 kilogramme du poids total du corps il y avait journellement :

Gram.
0,35 d'urée chez un homme de quarante-cinq ans ;
0,28 d'urée chez une femme de quarante-trois ans (*b*).

M. Beigel a trouvé, pour 1 kilogramme du poids total, entre 0gr,44 et 0gr,51 chez l'Homme, et seulement de 0gr,39 à 0gr,47 chez la Femme. La moyenne était pour l'Homme 0gr,46, et pour la Femme 0gr,42 (*c*).

(1) Voyez tome II, page 515.

(2) En général, les Animaux de petite taille supportent l'abstinence moins bien que les grands. Ainsi Redi, qui fit beaucoup d'expériences sur les effets de la faim, estima que les Rats ne peuvent vivre plus de trois jours sans aliments, tandis que les Chiens qu'il soumettait à une diète absolue, ne mouraient de faim que vers le trente-quatrième ou même le trente-sixième jour (*d*).

(*a*) Lecanu, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XII, p. 106).
(*b*) Bischoff, *Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels*, p. 25.
(*c*) Beigel, *Op. cit.* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1855, t. XVII, p. 500 et 501).
(*d*) Redi, *De Animalculis vivis quæ in corporibus Animalium vivorum reperiuntur observationes* (*Opusculorum* pars tertia, p. 1838, édit. de Coste, 1729).

augmentation de la combustion respiratoire. En effet, nous avons trouvé que chez les Insectes la quantité d'acide carbonique exhalé, quand l'Animal fait des mouvements violents, est dans certains cas vingt-sept fois plus considérable que dans l'état de repos ; et que chez l'Homme, la différence, quoique beaucoup moins grande, est encore très-notable : car, dans les expériences de Séguin, un Homme au repos n'a consommé que 300 pouces cubes d'oxygène, tandis que dans le même espace de temps il en employait 800 pouces cubes, lorsqu'il faisait des efforts musculaires intenses (1). Tout récemment, de nouvelles recherches ont été faites sur ce sujet par M. Smith, et elles mettent encore mieux en évidence l'influence de l'action musculaire sur la combustion respiratoire. En effet, ce physiologiste estime qu'en vingt-quatre heures la quantité d'acide carbonique qu'il exhalait par les poumons était, en moyenne :

28,8 onces (ou environ 815 grammes) pendant un repos complet ;
33,43 (ou 948 grammes) quand il marchait et agissait de la manière ordinaire ;
45,7 (ou 1293 grammes) quand il effectuait un travail musculaire considérable (2).

Le rendement de la sécrétion urinaire est également aug-

(1) Voyez tome II, page 531.

(2) Les recherches de M. E. Smith furent faites à l'aide d'un appareil qui, sans gêner la respiration, permettait de recueillir et de doser la quantité totale de vapeur d'eau et d'acide carbonique qui s'échappaient des poumons, ainsi que d'évaluer le volume de l'air qui passait dans ces organes.

Dans une de ses expériences faites sur un Homme qui pesait 86k,8, et qui portait un appareil spirométrique pesant 3k,400, la quantité d'acide carbonique exhalée par minute était de 18,1 grains (ou 1gr,16) quand il marchait à raison de 2 milles par heure, et s'élevait à 25,83 grains quand il accélérait le pas de façon à faire 3 milles (ou près de 3 kilomètres) par heure ; puis, quand il était assis, la quantité du même gaz était d'environ 10 grains (0gr,65) ; enfin, lorsque étant couché, il était sous l'influence du sommeil, la quantité correspondante tombait au-dessous de 5 grains ou 0gr,32 (a).

(a) E. Smith, *Experimental Inquiries into the Chemical and other Phenomena of Respiration* (*Philos. Trans.*, 1859, p. 693).

menté par l'exercice musculaire. Ainsi, dans des expériences faites par M. Beigel, un Homme bien nourri, qui, en vingt-quatre heures n'excrétait que 46 grammes d'urée quand il était au repos, en fournissait 52^{gr},32 lorsqu'il faisait beaucoup d'exercice (1). Il paraîtrait aussi que ce genre d'activité physiologique tend à augmenter la puissance comburante de l'organisme, et à rendre plus complète l'oxydation des matières brûlées dans le travail nutritif; car M. Hammond a trouvé que, sous l'influence de l'exercice musculaire, la proportion d'acide urique diminue dans l'urine, tandis que celle de l'urée augmente (2).

(1) Lorsque la nourriture était insuffisante, la différence déterminée par l'état de repos ou d'activité musculaire n'était que dans le rapport de 31 à 33 (*a*).

Dans des expériences comparatives faites sur des Chiens qui recevaient la même ration, mais qui étaient tantôt au repos, d'autres fois astreints à un travail musculaire fatigant, M. Voit a vu la quantité d'urée différer dans la proportion de 109^{gr},8 à 114^{gr},1, et même 117^{gr},2 (*b*).

(2) Voici les résultats obtenus par ce physiologiste en expérimentant sur le même individu :

	POIDS DE L'URÉE.	POIDS DE L'ACIDE URIQUE.
A l'état de repos	487 grains.	24,8
Se livrant à un travail musculaire modéré. .	682	13,7
Travail musculaire très-considérable	864,9	8,2

Le même auteur a vu apparaître de l'urée dans l'urine d'un Boa qui était dans un état d'excitation, tandis que dans les circonstances ordinaires ce produit n'en contenait pas (*c*).

M. Bergholz a constaté que l'activité musculaire des membres inférieurs est accompagnée d'une augmentation plus grande dans la production des matières urinaires que ne le sont les mouvements exécutés par les membres thoraciques (*d*); et cette différence

(*a*) Beigel, *Op. cit.* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1855, t. XVII).

(*b*) Voit, *Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, des Koffees und der Muskelbewegungen auf den Stofwechsel*. Munich, 1860.

(*c*) Hammond, *On the Relations existing between Urea and Uric Acid* (*The American Journal of Medical Science*, 1855, t. XXIX, p. 119).

(*d*) Bergholz, *Ueber die Harnmenge bei Bewegung der unteren und oberen Extremitäten* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1861, p. 131).

D'après les faits que nous venons de passer en revue, nous pouvons prévoir que lorsqu'on veut appliquer spécialement la matière alimentaire au développement des tissus et à l'accumulation de la graisse, il faut éviter tout déploiement de force musculaire, et, autant que cela est compatible avec l'entretien de la santé, maintenir l'organisme dans un état de repos profond, car la matière combustible qui serait détruite pour produire le mouvement serait perdue pour l'objet que l'on se propose. La pratique a depuis longtemps conduit les agronomes à reconnaître cette règle de zootechnie, et lorsqu'ils veulent déterminer une obésité rapide, ils condamnent à une inaction aussi complète que possible les sujets sur lesquels ils opèrent.

Conséquences relatives à l'engraissement.

§ 18. — Le régime exerce une influence plus grande sur la quantité des matières excrémentitielles expulsées de l'organisme par les voies urinaires. Chossat publia en 1825 une longue série d'expériences intéressantes sur ce sujet, mais il ne détermina pas directement le poids des divers produits de la sécrétion rénale, et c'est dans ces dernières années seulement que des recherches à ce sujet ont été faites avec toute la précision désirable. Néanmoins les expériences de Chossat montrent clairement que la quantité de ces substances urinaires croît avec la quantité des aliments, quand ceux-ci restent les mêmes, et qu'à poids égaux d'aliments, elle augmente à mesure que le régime devient plus riche en matières azotées (1). Plus récemment

Influence du régime.

pourrait bien dépendre d'une certaine gêne que la contraction des muscles moteurs du bras détermine dans le jeu de l'appareil respiratoire.

(1) Dans une première série d'expériences qui dura dix jours, la nourriture consista principalement en pain, et le poids total des aliments était en moyenne de 39 onces par jour. La moyenne diurne des matières urinaires était représentée par 390 grains.

Dans une seconde série d'expériences les aliments étaient les mêmes, mais leur poids était de 60 onces par jour, et la moyenne diurne de l'excrétion urinaire s'éleva à 500 grains.

Sous l'influence d'un régime végéto-albumineux, la sécrétion urinaire était représentée par 339 grains quand la quantité des aliments était de 25 ou 26 onces par jour, et par 513 à 568 quand la même ration pesait 36 onces.

M. Lehmann, chimiste distingué de l'Allemagne, dont j'ai souvent à citer les travaux, fit sur lui-même une série d'expériences dont les résultats sont encore plus significatifs, comme on peut s'en convaincre en jetant les yeux sur le tableau suivant, où se trouvent réunies les moyennes obtenues par l'analyse des urines évacuées en vingt-quatre heures, sous l'influence de divers régimes (1) :

RÉGIME.	TOTAL des MATIÈRES FIXES.	URÉE.	ACIDE URIQUE.	MATIÈRES EXTRACTIVES ET SELS.
	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.
Non azoté.	41,63	15,408	0,735	17,139
Aliments végétaux. .	59,24	22,481	1,021	19,312
Aliments mixtes. . .	67,82	32,496	1,183	12,746
Régime animal . . .	87,44	53,198	1,478	7,314

M. Beigel a profité d'un mode de traitement adopté dans

Enfin, lorsque le régime était essentiellement animal, les produits urinaires s'élevèrent dans la proportion de 339 à 534, quand le poids des aliments fut porté de 23 à 30 onces par jour.

Pour un même poids de matières alimentaires (1 once), la quantité de matière urinaire, évaluée comme dans les expériences précédentes, varia dans les proportions suivantes :

	Gram.
Régime panaire	9,9
Régime végéto-albumineux. . .	10,7
Régime albumineux	13,6
Régime végéto-fibrineux	14,2
Régime fibrineux.	17,3

Enfin, en tenant compte de la quantité d'eau contenue dans ces divers aliments, Chossat trouva que pour un même poids d'aliments secs, la sécrétion urinaire était représentée par :

16 à 19 grains avec le régime panaire,
73 grains avec le régime albumineux.

La différence était donc à peu près dans le rapport de 1 à 4.

Je dois ajouter que le facteur variable dont Chossat se sert pour évaluer la sécrétion urinaire est le produit de la multiplication du volume de l'urine par la pesanteur spécifique de ce liquide, et que, pour arriver à la connaissance de la quantité de matières solides excrétées, il admet que ce facteur doit être multiplié par un facteur constant 3 (a).

(1) Les aliments non azotés compo-

(a) Chossat, *Mém. sur l'analyse des fonctions urinaires* (*Journal de physiologie de Magendie*, 1825, t. V, p. 65).

quelques hôpitaux de l'Allemagne, et appelé *hungerkur*, pour faire des observations sur la quantité de matières urinaires sécrétées journellement par l'Homme, sous l'influence d'un régime extrêmement sévère ; et en comparant les résultats ainsi obtenus avec ceux fournis par un individu dont l'alimentation était abondante et très riche en matières animales, il a vu que la quantité d'urée était en moyenne de 18 à 23 grammes dans le premier cas, et qu'elle s'élevait de 46 à 52 grammes dans le second cas (1).

sant la ration dans la première série d'expériences étaient de la graisse, de l'amidon et du sucre. Les aliments végétaux composaient la seconde espèce de ration.

M. Haughton (de Dublin) a fait également un certain nombre d'expériences relatives à l'influence du régime sur la quantité d'urée excrétée en vingt-quatre heures. Les principaux résultats qu'il a obtenus sont résumés dans les tableaux suivants (*a*) :

AGE DES INDIVIDUS.	POIDS des corps.	QUANTITÉ d'urine.	QUANTITÉ d'urée.	ACIDE urique.	ACIDE phosphorique.
		Régime animal.			
Ans.	Livres.	Onces.	Grains.	Grains.	Grains.
N° 1. 37	126	34	465,09	1,02	47,14
N° 2. 35	126	62	677,25	11,88	43,28
N° 3. 19	126	52	644,62	1,04	40,78
N° 4. 39	174	50	554,10	7,40	38,10
N° 5. 40	189	45	630,00	5,29	23,72
N° 6. 40	145	41	484,30	0,71	29,43
		Régime végétal.			
N° 1. 63	173	70	367,50	0,50	30,00
N° 2. 22	132	81	578,81	0,71	32,47
N° 3. 31	146	45	315,00	1,69 (*b*)	22,78
N° 4. 22	140	56	366,12	2,48	27,54
N° 5. 31	146	43	342,55	2,03 (*b*)	20,70

(1) Le *hungerkur*, ou traitement par la faim, est quelquefois employé dans les cas d'affections syphilitiques ; le malade ne reçoit qu'un quart de ration, composé de soupe, de pain et de tisane sudorifique (*c*).

(*a*) S. Haughton, *On the Natural Contents of the Healthy Urine of Man* (*The Dublin quarterly Journal of Medical Science*, 1859, t. XXVIII, p. 5 et 6).

(*b*) Dans ces deux cas l'acide urique était mêlé à de l'acide hippurique.

(*c*) Beigel, *Op. cit.* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1855, t. XVII, p. 527).

Je pourrais citer également ici des recherches semblables à celles de M. Lehmann, qui ont été faites par plusieurs physiologistes, et qui ont fourni des résultats analogues ; mais je préfère passer tout de suite à l'examen des faits obtenus par l'expérimentation sur les Animaux, car, dans ce cas, on peut introduire des différences plus grandes dans le régime et le mieux réglementer. On doit à MM. Bidder et Schmidt un travail très-remarquable sur ce sujet. Ces physiologistes ont opéré sur un Chat (1), et ils ont évalué de la manière suivante, pour vingt-quatre heures, les principaux produits dont l'excrétion peut être considérée comme donnant la mesure des transmutations de matière dont l'organisme est le siége dans diverses conditions de régime.

	PRIVATION d'aliments solides ; eau à discrétion.	NOURRITURE ordinaire sans eau.	NOURRITURE ordinaire avec eau.	ALIMENTATION la plus abondante possible, et eau à discrétion.
Excrétion pulmonaire.				
Acide carbonique	16,30	21,32	20,32	34,88
Eau	15,60	17,08	15,36	14,70
Excrétion urinaire et fécale.				
Eau	55,47	23,49	50,59	67,72
Urée	1,237	3,050	2,958	5,152
Substances inorganiques.	0,225	0,461	0,441	0,760
Soufre	0,041	0,090	0,086	0,140
Acide phosphorique . . .	0,071	0,178	?	?

L'accroissement de la combustion physiologique dépendante

(1) Dans ces expériences, l'Animal fut placé, autant que possible, dans les mêmes conditions, sauf les différences de régime, qui furent maintenues pendant plusieurs semaines consécutives (*a*).

(*a*) Bidder et Schmidt, *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, 1852, p. 345.

de l'introduction d'aliments dans l'économie animale est également indiquée par les différences que l'on observe dans les quantités d'acide carbonique exhalées en un temps donné. Je ne reviendrai pas ici sur les preuves que j'en ai déjà fournies dans une des premières Leçons de ce cours (1), et je me bornerai à ajouter que dans les expériences récentes sur la respiration de l'homme, par M. Smith, des faits du même ordre ont été constatés (2).

§ 19. — En résumé, nous voyons que les matières excrémentitielles provenant, soit de la décomposition des matériaux constitutifs de l'organisme, soit des substances alimentaires ou des composés auxquels celles-ci donnent naissance par leur association à l'oxygène que la respiration introduit dans le fluide nourricier, s'échappent de l'économie animale, sous diverses formes, par trois voies principales : la surface respiratoire, l'appareil urinaire et l'intestin ; que les pertes effectuées de la sorte varient suivant les espèces, les individus et les conditions biologiques dans lesquelles ceux-ci se trouvent, mais qu'on peut établir en principe général que toujours elles sont dans un certain rapport avec le degré d'activité vitale déployé par l'Animal. Enfin, que tout être vivant, pour rester dans son état normal, doit s'approprier chacun des éléments chimiques dont son corps se compose en quantités égales à celles de ces mêmes matières qu'il expulse de son organisme. Résumé.

Pour connaître quels sont les besoins nutritifs de l'Homme ou d'un Animal quelconque dont la croissance est terminée et Évaluation des besoins de l'Homme

(1) Voyez tome II, page 539.

(2) M. Smith, en expérimentant sur lui-même, fut conduit à évaluer en moyenne à 33,97 onces la quantité d'acide carbonique exhalée sous l'influence d'un régime ordinaire, et à 21,74 cette même quantité pendant une abstinence presque complète prolongée pendant plus de vingt-quatre heures (a).

(a) Smith, *On the Chemical and other Phenomena of Respiration* (*Philos. Trans*, 1859, p. 693 et 696).

dont le poids reste stationnaire, il suffit donc de connaître sa dépense physiologique, c'est-à-dire la quantité de chacun de ses éléments constitutifs qu'il perd en vingt-quatre heures, et de connaître la forme sous laquelle ces mêmes éléments doivent se trouver associés dans sa ration quotidienne pour qu'il puisse les utiliser.

Dépense nutritive.

Or, nous avons vu dans les précédentes Leçons que cette dépense physiologique consiste principalement en carbone et en azote. Nous avons constaté aussi qu'en général, chez un Homme de taille ordinaire, l'exhalation pulmonaire verse journellement dans l'atmosphère environ 760 grammes d'acide carbonique, quantité qui contient 207 grammes de carbone (1). D'autre part, on sait qu'en France la taille de l'Homme est en général peu élevée, et que le poids moyen de son corps peut être estimé à environ 64 kilogrammes. Par conséquent, il perd de la sorte, en vingt-quatre heures, à peu près $\frac{32}{10000}$ de son poids, ou, en d'autres mots, pour chaque kilogramme de son poids physiologique, il emploie environ 3gr,25 de carbone pour alimenter le travail excrétoire dont ses poumons sont le siége. Mais pour un Homme de grande taille, cette consommation de carbone serait plus considérable, et elle s'élèverait aussi si l'individu faisait un grand déploiement de force musculaire (2).

(1) Voyez tome II, page 506 et suivantes.

(2) Cette évaluation, qu'on ne doit considérer que comme une approximation, concorde très-bien avec les résultats fournis par les recherches récentes de M. Smith. Ce physiologiste a trouvé que les quatre Hommes sur lesquels il expérimenta devaient exhaler par les poumons, en vingt-quatre heures, terme moyen, 7,144 onces, ou 203 grammes de carbone, à l'état de repos, et 8,63 onces, c'est-à-dire 245 grammes, quand ils se livraient à un exercice modéré ; enfin 11,7 onces, ou 331 grammes, quand le travail musculaire était très-considérable. On peut donc considérer l'exhalation de 245 grammes de carbone par jour, comme représentant l'état normal de ces individus ; et si l'on tient compte du poids du corps de ces personnes, on voit que, pour une même quantité de matière vivante, la combus-

En établissant ce compte des dépenses de l'organisme, nous ne devons pas oublier que l'appareil respiratoire n'est pas la seule voie par laquelle le carbone est expulsé de l'économie, et qu'il s'en trouve aussi dans les urines, ainsi que dans les produits sécrétés par l'appareil digestif, et évacués avec le résidu fécal laissé par les aliments. Or, nous savons que, terme moyen, l'Homme excrète, en vingt-quatre heures, environ 28 grammes d'urée (1), et que l'urée, dont la composition est représentée par la formule $C^2H^4Az^2O^2$, contient 1/5e de son poids de carbone. L'organisme dépense donc journellement, sous la forme d'urée, environ 5^{gr},6 de ce dernier élément, et si l'on tient compte du carbone contenu dans les autres produits organiques sécrétés par les reins, matière dont le poids s'élève à environ 2 grammes par jour, et dont la composition ne s'éloigne que peu de celle de l'urée, on arrivera à un total d'environ 6 grammes, comme représentant les pertes en carbone attribuables à l'excrétion urinaire.

La quantité de matières organiques provenant de la bile, des sucs intestinaux, et des autres produits que l'organisme verse dans le tube digestif et évacue sous la forme de fèces, est peu considérable ; elle ne s'élève pas à plus de 25 ou 30 grammes (2), et ne renferme qu'environ 15 grammes de carbone. Par conséquent, en faisant la somme de la dépense physiologique, on trouve que la quantité de carbone excrétée journellement est en moyenne d'environ 230 grammes (3).

tion physiologique ne devait être que peu différente de ce qui a été admis ci-dessus. En effet, les Hommes en question étaient de grande taille, et le poids moyen de leur corps s'élevait à 72 kilogrammes ; dans les conditions biologiques ordinaires, ces individus exhalaient donc par kilogramme du poids du corps 3^{gr},4 de carbone (a).

(1) Voyez tome VII, page 514.

(2) Voyez tome VII, page 158, note.

(3) Ces évaluations se rapprochent

(a) Smith, *On the Chemical and other Phenomena of Respiration* (*Philos. Trans.*, 1859, p. 693).

La déperdition d'azote, comme je l'ai déjà dit, a lieu principalement par les voies urinaires. Pour 1 gramme de carbone, l'urée contient 2gr,33 de cet élément, et par conséquent les 28 grammes d'urée excrétés journellement emportent de l'organisme environ 17gr,8 d'azote, quantité qu'il faut élever à environ 19 grammes, si l'on veut y comprendre l'azote des autres matières urinaires. Les évacuations alvines entraînent au dehors environ 2 grammes d'azote par jour (1), et par conséquent la dépense totale de l'organisme peut être évaluée à environ 21 grammes d'azote en vingt-quatre heures.

D'après ces données, nous pouvons prévoir que, dans les circonstances ordinaires, l'Homme doit trouver dans sa ration quotidienne au moins 230 grammes de carbone et 21 grammes d'azote assimilables ; que si ses aliments ne lui fournissent pas sous une forme utilisable ce poids d'azote et de carbone, il vivra en partie aux dépens de sa propre substance, et le poids de son corps diminuera proportionnément au déficit nutritif. Si, au contraire, sa ration contient une quantité plus grande de ces mêmes éléments, le surplus sera excrété sous la forme de fèces, ou bien sera consommé physiologiquement, et déterminera, soit un accroissement dans l'activité de la combustion nutritive et une augmentation proportionnelle dans les produits excrétés par les voies respiratoires et urinaires, soit une accumulation de graisse ou d'autres matières organiques dans l'in-

beaucoup des résultats obtenus par M. Barral dans une série d'expériences faites sur lui-même pendant l'hiver. L'analyse des fèces donna par jour :

Carbone.	15,3
Hydrogène.	2,5
Azote.	2,8
Oxygène	8,8

Dans une seconde série d'expériences faites pendant l'été, le poids des fèces, au lieu d'être en moyenne de 29 grammes par jour, s'est trouvé réduit à 17 grammes, et par conséquent ces matières ne renfermaient qu'environ 9 grammes de carbone (a).

(1) Voyez tome VII, page 586.

(a) Barral, *Statique chimique des Animaux*, p. 248 et suiv.

térieur de l'économie, et une augmentation correspondante du poids du corps.

§ 20. — Les résultats fournis par la pratique et par l'expérience sont en parfait accord avec les déductions théoriques que je viens de présenter; mais, pour en bien apprécier la portée, il faut tenir compte des circonstances biologiques qui influent le plus sur l'activité du travail nutritif, et par conséquent aussi sur l'étendue des besoins. Or, parmi ces circonstances, il faut ranger en première ligne la quantité de travail musculaire effectuée par les Hommes dont on étudie le mode d'alimentation, leur taille et leur âge. **Ration d'entretien de l'Homme.**

Des recherches expérimentales très-intéressantes ont été faites, il y a quelques années, par M. Barral, sur la composition chimique de la ration alimentaire d'un Homme adulte dont le genre de vie n'entraînait aucune dépense considérable de force musculaire.

Dans une série d'observations, les aliments consommés chaque jour contenaient en moyenne environ :

21 grammes d'azote,
264gr,8 de carbone.

Dans une seconde série d'observations, M. Barral trouva :

27gr,9 d'azote,
366 grammes de carbone.

La moyenne générale donna pour la consommation ordinaire :

24gr,7 d'azote,
314 grammes de carbone.

Enfin, la comparaison de ces quantités avec le poids du corps montra que pour chaque kilogramme de ce poids l'organisme avait reçu journellement, sous la forme d'aliments :

44 centigrammes d'azote
et 5gr,9 de carbone.

Ces résultats, comme on le voit, ne s'éloignent que très-peu des évaluations que la théorie nous avait conduit à adopter, savoir, pour la ration d'entretien d'un Homme, terme moyen :

21 grammes d'azote
et 230 grammes de carbone (1).

Un accord non moins remarquable existe entre ces évaluations et les données statistiques fournies par une enquête administrative faite, il y a dix ans, en Écosse, sur le régime des prisonniers. Il s'agissait de constater si la ration des détenus, dans des conditions de la plus stricte économie, était ou non suffisante pour subvenir aux besoins physiologiques ; et afin de

(1) Dans ses recherches sur la statique chimique du corps humain, M. Barral détermina le poids et la composition élémentaire des diverses matières alimentaires dont les personnes soumises à ses investigations firent usage ; chaque série d'expériences dura cinq jours, et les résultats obtenus servirent de terme de comparaison pour l'étude des matières excrétées de l'organisme. La première série d'expériences, portant sur un homme âgé de vingt-neuf ans et pesant 47k,7, fut faite en hiver ; la seconde, faite sur la même personne, eut lieu en été ; la troisième porta sur un Homme âgé de cinquante-neuf ans et pesant 58k,7 ; enfin la quatrième fut pratiquée sur une femme âgée de trente-deux ans et pesant 62 kilogr. Pour le moment, je laisse de côté une autre série d'expériences faites sur un enfant.

Le tableau suivant résume les principaux faits constatés relatifs à la composition des aliments consommés chaque jour, terme moyen :

MATIÈRE ORGANIQUE SÈCHE.		MATIÈRES MINÉRALES fixes.	EAU.	CARBONE.	AZOTE.
	Gram.				
N° 1.	717	31,2	1998,6	366,2	27,9
N° 2.	520	20,1	1842,4	264,9	21,2
N° 3.	673	31,2	900,2	331,8	27,3
N° 4.	573	23,5	1737,4	292,7	22,4
Moyenne générale. .	621	26,5	1894,6	313,8	24,7 (a)

(a) Barral, *Statique chimique des Animaux*, p. 246 et suiv.

résoudre cette question, on tint compte du poids de chaque individu à son entrée dans la prison et à sa sortie, ainsi que de la quantité des divers aliments qui lui étaient alloués chaque jour. Les documents recueillis de la sorte par un des professeurs les plus distingués de l'école médicale d'Édimbourg, M. Christison, ne nous permettent pas de calculer avec précision la quantité de matières combustibles et assimilables dont se composaient ces rations; mais on en peut juger d'une manière approximative, et je ne m'éloignerai certainement que peu de la vérité en estimant à 17 grammes d'azote et 212 grammes de carbone le poids de ces deux principes essentiels fournis chaque jour, sous la forme d'aliments, à chacun des détenus dans la principale prison de l'Écosse (1). Ces quantités sont un peu inférieures

(1) Cette enquête eut lieu, par ordre du conseil général des prisons, dans toutes les principales villes de l'Ecosse; mais malheureusement les aliments ne furent pesés qu'à l'état humide, et c'est seulement par une approximation indirecte que M. Christison a pu évaluer la quantité des matières nutritives, soit azotées, soit non azotées, dont chaque ration réglementaire se composait. C'est donc seulement d'une manière encore moins rigoureuse que l'on peut estimer les quantités de carbone et d'azote contenues dans ces rations. Voici, du reste, les principaux faits signalés par ce physiologiste.

NOMS des VILLES.	RATION évaluée en onces.		PROPORTION des individus sur 100 dont le poids fut		PERTE MOYENNE des individus dont la ration était insuffisante.
	Aliments azotés.	Aliments non azotés.	maintenu ou augmenté.	diminué.	
Édimbourg .	4,05	12,87	82,0	18,0	1,5
Glasgow. . .	4,06	12,58	67,0	32,0	4,0
Aberdeen . .	3,98	13,03	68,0	32,0	4,2
Sterling. . .	4,27	13,40			
Ayr.	4,17	13,20	29,0	71,0	5,0
Dundee . . .	2,73	14,06	50,0	50,0	5,25
Perth	2,08	14,11	46,0	54,0	3,2

La ration des détenus à Edimbourg suffisait, comme on le voit, à 72 individus sur 100; mais dans la prison de Glasgow, où le régime était à peu de chose près le même, l'alimentation était insuffisante pour environ le tiers

à celles que je viens de présenter comme devant, en général, entrer dans la ration d'entretien d'un Homme. Or, elles étaient insuffisantes pour répondre aux besoins physiologiques d'un nombre considérable de détenus. Le séjour des prisonniers dans cette maison de détention n'était pas long, et cependant chez 18 individus sur 100 le poids du corps diminua notablement sous l'influence de ce régime.

Il est aussi à noter que, d'après les calculs de M. Liebig, la ration alimentaire fournie aux détenus de la maison d'arrêt de Giessen contiendrait environ 265 grammes de carbone, quantité qui ne dépasse que de très-peu nos évaluations théoriques (1).

La nourriture fournie à nos soldats suffit à presque tous ces Hommes, et doit même être considérée comme surabondante pour un grand nombre d'entre eux, car on sait que souvent ils vendent ou donnent aux indigents une portion de leur pain de munition. Or, nous voyons par les calculs de M. Dumas que

de la population ; et cependant, dans l'un et l'autre de ces établissements, le déficit, calculé d'après les vues théoriques exposées ci-dessus, n'avait été en moyenne que d'environ 4 gram. d'azote et de 18 grammes de carbone. Dans les prisons où la ration était plus faible, elle devenait insuffisante pour l'entretien du poids initial de l'organisme pour la moitié ou même pour les trois quarts des individus (*a*).

(1) M. Liebig nous apprend que dans cette prison les détenus ne sont astreints à aucun travail fatigant, et reçoivent, terme moyen, par jour :

1 $\frac{1}{2}$ livre de pain, contenant 14,5 loths (*b*) de carbone.

1 livre de soupe, contenant 15 loths de carbone.

$\frac{1}{2}$ livre de pommes de terre, contenant 2 loths de carbone.

Total : 17 loths, ou 265 grammes de carbone.

Le même chimiste évalue à 297 grammes par individu la quantité de carbone contenue dans les aliments consommés journellement par chaque individu dans une famille particulière qui se composait de cinq adultes et de trois enfants (*c*).

(*a*) Christison, *An Account of some Experiments on the Diet of Prisoners* (*The Monthly Journal of Medical Science*, 1852, t. XIV, p. 415).

(*b*) Le loth correspond à 15gr,6.

(*c*) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, trad. par Gerhardt, 1842, p. 39 et 303.

dans l'armée française les cavaliers, c'est-à-dire des Hommes qui ont tous une taille bien au-dessus de la moyenne, trouvent dans leur ration journalière entre 22 et 23 grammes d'azote associés à 330 grammes de carbone (1).

Influence de l'activité musculaire sur la consommation alimentaire

Chacun sait que l'état de repos ou d'activité musculaire influe beaucoup sur la quantité d'aliments qui est nécessaire pour satisfaire à nos besoins ou pour soutenir les forces de nos Animaux de travail. Le dicton populaire : « *Qui dort dîne* », est sans doute une grande exagération, mais montre que depuis longtemps on a généralement reconnu l'existence de rapports étroits entre la dépense nutritive et le déploiement de la force

(1) M. Dumas nous apprend que la ration de ces soldats se compose de :

125 grammes de viande fraîche, contenant 70 grammes de matières azotées supposées sèches.

1066 grammes de pain, dont 750 grammes de pain de munition et 516 grammes de pain blanc, le tout contenant 64 grammes de matières azotées sèches et 596 grammes de matières non azotées sèches.

200 grammes de légumineux, contenant 20 grammes de matières azotées sèches et 150 grammes de matières non azotées.

125 grammes de carottes, choux, navets, etc., qui ne contiennent que des quantités insignifiantes de matières nutritives.

Total : 154 grammes de matières azotées sèches, contenant environ 22gr,5 d'azote.

746 grammes de matières alimentaires non azotées, contenant environ 328 grammes de carbone (a).

Gasparin, agronome très-distingué, qui a réuni beaucoup de documents intéressants relatifs à l'alimentation de l'Homme et des Animaux, donne une évaluation un peu plus élevée de la ration des soldats français. Suivant cet auteur, chaque Homme reçoit journellement :

750 grammes de pain de munition, contenant 9gr,15 d'azote et 282 grammes de carbone et d'hydrogène.

516 grammes de pain blanc, contenant 6,45 d'azote et 193 grammes de carbone et d'hydrogène.

125 grammes de viande, contenant 3,02 d'azote et 18 grammes de carbone et d'hydrogène.

150 grammes de haricots, contenant 5,70 d'azote et 80 grammes de carbone et d'hydrogène.

500 grammes de pommes de terre, contenant 1,80 d'azote et 77 grammes de carbone et d'hydrogène.

Total : 2041 grammes d'aliments, contenant 49gr,8 de matières grasses, et fournissant 26gr,12 d'azote et 650 grammes de carbone et d'hydrogène.

Le même auteur donne, d'après des

(a) Dumas, *Traité de chimie appliquée aux arts*, 1846, t. VIII, p. 466.

physique. Il est d'observation journalière que la ration dont un Cheval peut se contenter, lorsqu'il reste à l'écurie, ne saurait lui suffire quand il agit, et que la quantité d'aliments dont il a besoin augmente avec la quantité de travail mécanique qu'il effectue. Ainsi, les agronomes estiment que, pour constituer la ration d'entretien d'un de ces Animaux lorsqu'il est au repos, il suffit d'une quantité d'aliments contenant, pour 100 kilogrammes du poids du corps, 20 grammes d'azote et 412 grammes de carbone; mais que, pour le Cheval qui travaille, il faut augmenter cette ration dans la proportion d'environ 84 milligrammes d'azote par tonneau mètre, c'est-à-dire 1000 kilogrammes de force déployée (1).

documents officiels, le tableau suivant de la ration des ouvriers de la marine de l'État :

750 grammes de pain de munition, contenant 9gr,15 d'azote et 282 grammes de carboné et d'hydrogène.

250 grammes de viande, contenant 6,04 d'azote et 30 grammes de carbone et d'hydrogène.

90 grammes de fromage, contenant 3,71 d'azote et 48 grammes de carbone et d'hydrogène.

120 grammes de haricots secs, contenant 4,56 d'azote et 64 grammes de carbone et d'hydrogène.

60 grammes de riz, contenant 0,72 d'azote et 34 grammes de carbone et d'hydrogène.

Total : 24gr,18 d'azote et 464 grammes de carbone et d'hydrogène (*a*).

En Angleterre, les soldats reçoivent journellement 1530 grammes d'aliments contenant environ 285 grammes de carbone, dont le quart à peu près provient de substances azotées (*b*).

Enfin, d'après les évaluations de M. Liebig, les soldats hessois reçoivent journellement une ration contenant 27,8 loths, c'est-à-dire environ 435 grammes de carbone (*c*).

(1) D'après Gasparin, la ration d'un Cheval du poids de 416 kilogrammes doit être équivalente, pour l'entretien organique, à 7k,23 de foin, contenant 83gr,20 d'azote, et de plus, pour le travail que nécessite le labour ordinaire du sol pendant douze heures, à 9k,69 de foin, contenant 111gr,47 d'azote : total, 16k,92 de foin renfermant une quantité de matières albuminoïdes correspondant à 194gr,75 d'azote. D'une manière générale, cet auteur estime que, pour 100 kilogr. du poids du corps, la ration alimentaire du Cheval qui travaille doit renfermer 47 grammes d'azote à l'état de

(*a*) Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. V, p. 395.
(*b*) Playfair, *On the Food of Man* (*Edinburgh new Philos. Journal*, 1854, t. LVI, p. 266).
(*c*) Liebig, *Op. cit.*, p. 295.

La consommation de l'Homme est subordonnée aux mêmes causes de variations, et lorsque le travail forcé a été introduit dans le régime de divers établissements pénitenciers, on n'a pas tardé à reconnaître que la ration alimentaire qui avait suffi aux détenus inactifs était insuffisante pour ceux dont les occupations nécessitent un certain déploiement de force mécanique (1). Ainsi, dans une des prisons de l'Allemagne, dont M. Liebig nous a fait connaître le régime, les détenus sont astreints à un travail fatigant, et pour les nourrir on a trouvé nécessaire de leur fournir journellement une ration contenant 63 grammes de carbone de plus que n'en renferment les aliments consommés par les prisonniers de la maison d'arrêt de Giessen où le travail n'est pas obligatoire (2). Divers documents statistiques réunis et discutés par Gasparin ont même conduit ce savant agronome à penser que la différence entre la ration d'entretien d'un Homme condamné au repos et la ration complète d'un ouvrier effectuant un travail mécanique pénible, celui du terrassier ou du batteur de blé par exemple, était plus considérable quant aux aliments plastiques. En effet, il regarde la ration d'entretien comme pouvant être réduite, dans le premier cas, à environ 12gr,5 d'azote et 264 de carbone, tandis que dans le second cas il l'estime à 25 grammes d'azote et 300 grammes de carbone (3).

principes albuminoïdes et une quantité correspondante de carbone (a).

(1) Dans la prison de Carlisle, où les détenus qui ne travaillent pas reçoivent 13,6 onces d'aliments par jour, on a trouvé qu'il fallait donner au moins 15 onces à ceux qui étaient employés à des travaux de force (b).

(2) M. Liebig a constaté que les prisonniers de la maison pénitentiaire de Marienschloss, où le travail est forcé, consomment par jour environ 323 grammes de carbone, tandis que pour ceux de la maison d'arrêt de Giessen, qui sont privés de tout exercice, la ration alimentaire ne renferme que 265 grammes de carbone (c).

(3) Gasparin n'a pas donné les bases

(a) Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. V, p. 401.
(b) Christison, *Op. cit.* (*The Monthly Journal of Med. Science*, 1852, t. XIV, p. 426).
(c) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, p. 30.

Influence de l'âge sur la consommation alimentaire.

§ 21. — Nous avons vu précédemment que dans la vieillesse la combustion physiologique se ralentit. Par conséquent, la quantité de combustibles organiques nécessaire pour alimenter le travail nutritif doit être moins considérable que dans la force de l'âge. Cette différence se manifeste dans les recherches faites en Écosse sur le régime des prisonniers (1), ainsi que dans les expériences de M. Barral. Ce chimiste trouva que la consom-

de ses calculs relatifs à l'établissement de la ration d'entretien de l'Homme au repos, et il se borne à dire que ses résultats sont déduits de beaucoup d'observations recueillies dans des couvents et des prisons (*a*). Pour l'évaluation de la ration de travail, il rapporte les comptes annuels de l'alimentation des laboureurs dans divers établissements agricoles, et de quelques autres ouvriers. On peut résumer de la manière suivante les principaux résultats ainsi obtenus, relatifs à la consommation journalière de ces ouvriers, dans différentes parties de la France :

	AZOTE.	CARBONE ET HYDROGÈNE.
	Gram.	Gram.
Fermes de la Camargue.	24,3	723
Fermes de Vaucluse.	24,7	591
Fermes du département du Nord	27,4	971
Fermes du département de la Corrèze.	20,2	945
Moyenne générale	24,1	805

La quantité d'azote contenue dans ces rations ne s'éloigne que peu, terme moyen, de ce que nous avons considéré comme strictement suffisant; mais les aliments hydrocarbonés sont beaucoup plus abondants que dans nos évaluations théoriques.

(1) En comparant les effets d'une alimentation uniforme chez des personnes dont les unes étaient âgées de seize à vingt ans, et les autres de plus de vingt ans, M. Christison a trouvé qu'à Édimbourg la même ration était insuffisante pour 31 sur 100 dans le premier groupe, et seulement pour 24 individus sur 100 dans le second. A Glasgow, la différence fut encore plus considérable : soumis au même régime, les Hommes âgés de plus de vingt ans diminuèrent de poids dans la proportion de 36 individus sur 100, tandis que chez ceux âgés de seize à vingt ans, cette proportion s'éleva à 53 pour 100 (*b*).

(*a*) Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. V, p. 395.

(*b*) Christison, *Op. cit.* (*The Monthly Journal of Medical Science*, 1852, t. XIV, p. 422).

mation des aliments, évaluée d'après la quantité de carbone contenue dans ces substances, était en moyenne, pour chaque kilogramme du poids du corps, 6gr,6 chez un Homme de vingt-neuf ans, et seulement de 5gr,6 chez un Homme de près de soixante ans. Chez un enfant de six ans, elle était dans la proportion de plus de 10 grammes de carbone pour le même poids physiologique (1).

Influence du sexe.

D'après ce que nous savons relativement aux produits du travail nutritif chez l'Homme et la Femme, nous devons nous attendre à trouver que leur ration d'entretien n'est pas la même ; et effectivement chacun sait, par l'observation journalière, qu'en général une différence assez notable existe dans la quantité d'aliments qu'ils consomment (2).

Influence de la températu[re].

§ 22. — L'étude des variations qui se manifestent dans la production de la chaleur animale nous conduit à reconnaître aussi que, sous l'influence d'un froid modéré, les phénomènes d'oxydation augmentent d'intensité (3), et par conséquent la théorie aurait pu suffire encore pour nous faire penser qu'en hiver la consommation alimentaire doit être plus grande qu'en été. L'observation journalière prouve qu'effectivement il en est

(1) Le petit garçon sur lequel M. Barral fit des observations pesait 15 kilogrammes, et consommait par jour en moyenne 315gr,8 de matière organique sèche, contenant 154gr,3 de carbone et 7gr,92 d'azote.

La consommation d'eau était de 1,069, et les matières minérales fixes contenues dans les aliments pesaient environ 9gr,4 (a).

(2) La différence dans les besoins alimentaires, suivant les sexes, ressort nettement des observations de M. Christison sur le régime des prisonniers. A Édimbourg, où la ration était la même pour tous les détenus, elle fut trouvée suffisante pour 90 Femmes sur 100 ; tandis que pour les Hommes elle n'était suffisante que pour environ 73 individus sur 100. Dans la prison de Glasgow la ration alimentaire était insuffisante pour 21,7 Femmes et pour 41 Hommes sur 100 (b).

(3) Voyez ci-dessus, page 87.

(a) Barral, *Statique chimique des Animaux*, p. 256.
(b) Christison, *Op. cit.* (*The Monthly Journal of Medical Science*, 1852, t. XIV, p. 432).

ainsi, et nous voyons, par les expériences de statique chimique dues à M. Barral, que les différences déterminées de la sorte peuvent être fort considérables ; car ce chimiste trouva qu'en hiver il lui fallait journellement, pour se nourrir convenablement, 717 grammes de matière alimentaire organique sèche, tandis qu'en été il n'en prenait que 520 grammes (1). Les climats influent non moins sur la grandeur des besoins nutritifs de l'Homme, et chacun sait que les peuples des pays chauds sont en général d'une sobriété remarquable, tandis que ceux des régions froides sont renommés pour leur voracité. Cette différence se révèle déjà lorsque l'on compare le régime alimentaire de nos laboureurs dans le département du Nord et dans le midi de la France. En effet, d'après les documents statistiques rapportés par M. de Gasparin, chaque ouvrier agricole consommerait par jour 24 grammes d'azote et 591 grammes de carbone et d'hydrogène dans cette région méridionale, tandis que dans la partie la plus septentrionale de la France cette consommation s'élèverait à 27^{gr},4 d'azote et à 971 grammes de carbone et d'hydrogène. Au premier abord, on pourrait supposer que cela dépend uniquement de la distribution inégale des richesses dans ces deux parties de notre pays ; mais si l'on établit la même comparaison entre les agriculteurs du midi de la France et ceux du canton de Vaud en Suisse, où l'aisance est moins grande qu'aux environs de Lille et où le climat est aussi froid pendant une grande partie de l'année, on obtient des résultats analogues (2). On sait que rien n'est épargné pour assurer le bien-

(1) La quantité de carbone contenu dans la ration alimentaire était, terme moyen, d'environ 366 grammes dans la série d'expériences faites en hiver, et de 264 grammes dans les expériences faites sur la même personne en été (a).

(2) Cet auteur a donné les détails de la consommation ordinaire des ouvriers de l'agriculture à Valleynes-sous-

(a) Barral, *Statique chimique des Animaux*, p. 247 et suiv.

être des soldats anglais qui tiennent garnison dans l'Inde, mais la ration qui leur est fournie est cependant notablement inférieure à celle que ces mêmes Hommes reçoivent quand ils sont en Angleterre (1). S'il faut en croire les récits de beaucoup de voyageurs, les habitants des régions circompolaires seraient d'une voracité inconcevable et sembleraient ne pouvoir jamais se rassasier. Mais il y a eu, suivant toute probabilité, beaucoup d'exagération dans l'évaluation de la quantité d'aliments qu'ils sont susceptibles de digérer (2); et s'ils se chargent énormément l'estomac lorsque l'occasion s'en présente, ils sont souvent exposés aux effets de la disette, en sorte que la des-

Lanie, dans le canton de Vaud, et il a calculé que la ration journalière de chacun de ces Hommes renferme 27gr,2 d'azote associés à 642 grammes de carbone et d'hydrogène (a).

(1) D'après les documents recueillis par M. Playfair, on voit que la consommation journalière du soldat anglais correspond à environ 287 grammes de carbone, lorsque celui-ci tient garnison en Angleterre, et à environ 267 grammes lorsqu'il habite l'Inde. Dans le premier cas, il reçoit aussi un peu plus d'aliments azotés que dans le second (b).

(2) Ainsi, il me semble difficile d'ajouter foi aux assertions de beaucoup de voyageurs relativement à la voracité des habitants de la partie septentrionale de la Sibérie et des autres régions circompolaires. Cochrane, par exemple, assure que souvent il a vu un Tonguie ou un Yakout dévorer 20 kilogrammes de viande par jour, et un amiral russe, Saritcheff, rapporte avoir vu un Homme de cette dernière nation manger, à un seul repas, 14 kilogrammes de riz cuit avec du beurre (c).

Le capitaine Parry, pendant son séjour parmi les Esquimaux, a constaté qu'à la suite d'une pêche abondante, ces Hommes se gorgent parfois d'aliments au point de ne pouvoir plus se mouvoir et d'être obligés de rester couchés dans leurs huttes. Voulant apprécier la capacité digestive d'un jeune Esquimau, ce navigateur pesa les aliments dont on lui permit de manger à discrétion, et il fut constaté ainsi qu'en un seul repas, cet individu consomma plus de 5 kilogrammes de viande et de pain, accompagnés d'environ un demi-litre de sauce épaisse et de beaucoup de boisson alcoolique (d).

(a) Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. V, p. 306.

(b) Playfair, *On the Food of Man in different Conditions of Age and Employment* (*Edinburgh new Philosophical Journal*, 1854, t. LVI, p. 260).

(c) J. D. Cochrane, *Narrative of a Pedestrious Journey through Russia and Siberian Tartary to the Frozen Sea*, 1824, t. I, p. 255.

(d) Parry, *Journal of a second Voyage for the Discovery of a North-west Passage from the Atlantic to the Pacific, performed in the years* 1821, 22, 23, p. 413.

cription de leurs festins ne nous éclaire que peu sur leur consommation moyenne : et pour ne pas donner d'idées fausses à ce sujet, je me bornerai à dire, d'une manière générale, que dans les climats très-froids, l'Homme a réellement besoin de beaucoup plus de nourriture que dans les pays chauds (1).

Ration alimentaire de divers Animaux.

§ 23. — Nous ne savons que peu de choses relatives à la quantité de matières nutritives qui est nécessaire pour l'entretien de l'organisme de la plupart des Animaux, mais un grand nombre d'observations ont été enregistrées touchant l'alimentation des espèces domestiques dont la production est un objet d'industrie rurale, et même on a fait sur ce sujet quelques recherches expérimentales dont les physiologistes doivent tenir grand compte. Ainsi, M. Boussingault, dans ses études sur l'alimentation des Tourterelles, chercha à déterminer le minimum d'aliments plastiques qui, associé à des aliments respiratoires en abondance, pouvait suffire au maintien du poids initial d'un de ces Animaux qui pesait 130 grammes, et il trouva que sa ration devait contenir au moins 31 centigrammes de matières albumi-

(1) M. Scharling, après avoir critiqué avec raison les assertions exagérées de beaucoup de voyageurs touchant la consommation des habitants des pays froids, me semble être tombé dans un excès contraire, en soutenant que dans les régions circompolaires l'Homme n'a pas besoin d'une ration alimentaire plus forte que dans la zone torride. Il s'appuie principalement sur des documents qui lui ont été fournis par l'administration de la marine danoise, relatifs à la consommation faite par l'équipage d'un navire qui a navigué successivement pendant plusieurs mois dans les mers du Nord et des Antilles, pièces d'où il résulterait que la ration journalière des Hommes était notablement plus élevée dans les régions tropicales que dans les régions froides du globe (a). Mais il me paraît probable qu'il y avait là quelque cause d'erreur inaperçue par l'auteur de ce travail; et je ferai remarquer à ce sujet que le capitaine Ross, qui a vécu beaucoup parmi les Esquimaux, dit positivement que la ration de viande qu'il leur fournissait d'ordinaire était six fois plus considérable que celle dont un Anglais se contenterait (b).

(a) Schaling, *Fortsatte Forsög for at bestemme den mængde Kulsyre et Menneske udaander i 24 timer* (*Det Videnskabernes Selskables Afhandlinger*, 1845, t. XI, p. 381).

(b) Ross, *Narrative of a second Voyage in Search of a N. W. Passage*, p. 449.

noïdes ; ce qui suppose l'azote alimentaire dans la proportion d'environ 31 milligrammes pour chaque kilogramme de l'être vivant (1). Des observations analogues, mais moins précises, ont conduit ce savant à considérer la nourriture des Bœufs et des Chevaux comme insuffisante, quand elle ne renferme pas des principes albuminoïdes dans les proportions de 200 ou même 225 grammes pour 100 kilogrammes du poids du corps, tandis que pour les Porcs cette quantité relative descendrait à environ 140 grammes (2). Du reste, je ne cite ici ces résultats que pour montrer que, suivant toute apparence, la ration d'aliments plastiques requise pour l'entretien d'un même poids de l'organisme varie considérablement suivant les espèces et les individus, aussi bien que suivant les conditions biologiques (3).

(1) M. Boussingault a constaté d'abord que la Tourterelle mise en expérience était parfaitement rationnée avec 14 grammes de millet ; puis il diminua progressivement la quantité de ce grain, dans lequel il existe une proportion considérable de principes albuminoïdes, et il remplaça largement le déficit par des aliments non azotés, tels que de l'amidon, du sucre et du beurre. Or, il a trouvé que, sous l'influence de ce régime mixte, le poids initial de l'Animal ne se soutenait plus lorsque la ration de millet fût réduite à 1gr,5 par jour, bien que dans cette circonstance la quantité d'amidon et de beurre consommés suffisait amplement pour satisfaire à la dépense totale de carbone occasionnée par la respiration et les autres évacuations. Or, 1gr,5 de millet renferme 0,31 de principes albuminoïdes, et par conséquent M. Boussingault en conclut que ce poids d'aliments azotés était insuffisant pour l'entretien de l'organisme de cet Animal, dont le poids était de 130 grammes, quelle que fût l'abondance des aliments carbo-hydrogénés, mais non azotés (*a*).

(2) M. Boussingault, sans s'expliquer formellement sur la quantité d'aliments plastiques dont ces Animaux ont besoin pour maintenir leur corps au même poids, dit que la ration quotidienne lui paraît être insuffisante quand l'albumine ou la légumine qui s'y trouve tombe au-dessous de :

kil.
1,20 pour une Vache laitière pesant 600 kilogrammes.
1,00 pour un Cheval de travail pesant 500 kilogrammes.
0,90 pour un Cheval pesant 400 kilogrammes.
0,12 pour un Porc pesant 85 kilogrammes (*b*).

(3) J'ajouterai cependant, à titre de renseignement, que, suivant M. de

(*a*) Boussingault, *Économie rurale*, 2e édit., 1851, t. II, p. 275.
(*b*) Idem, *Op. cit.*, t. II, p. 276.

Ces différences peuvent dépendre jusqu'à un certain point de la part que le tissu graisseux forme dans le poids total de l'Animal (1), mais elles tiennent probablement aussi au degré d'activité du travail nutritif effectué dans les organes; et à ce sujet je rappellerai que nous avons déjà constaté que, toutes choses égales d'ailleurs, les produits de la combustion physiologique correspondant à un poids donné de substance vivante sont plus abondants chez les petits Animaux que chez les

Gasparin, la ration d'entretien d'un Cheval qui ne travaille pas doit contenir de l'azote dans la proportion de 20 grammes d'azote et du carbone dans la proportion de 412 grammes pour 100 kilogrammes du poids de l'Animal; mais que pour le Cheval qui travaille à la charrue, cette ration doit être augmentée dans la proportion de 130 pour 100. Ainsi, il estime qu'un Cheval du poids de 416 kilogrammes doit consommer une ration correspondant à 83gr,2 d'azote pour les jours de repos, et à 194gr,75 pour les jours de travail (*a*).

M. Baudement, qui a étudié avec beaucoup de soin les variations de poids du corps des Chevaux de cavalerie qui étaient nourris avec la ration réglementaire, a constaté qu'elle est suffisante, même pour ceux dont le poids s'élève à plus de 600 kilogr. Or, cette ration pour les Chevaux de réserve consistant en 5 kilogrammes de foin, 5 kilogrammes de paille et 4k,2 d'avoine, et pour les Chevaux de ligne en 4 kilogrammes de foin, 5 kilogrammes de paille et 5k,4 d'avoine, fournit aux premiers 909gr,44 d'aliments plastiques et 3k,128,46 d'aliments respiratoires; aux seconds, 757gr,88 de matières azotées et 2k,694 d'aliments non azotés (*b*).

M. Allibert, qui a réuni et discuté beaucoup d'observations relatives au régime alimentaire des divers Animaux domestiques, évalue à environ 2 grammes par kilogramme du poids du corps la quantité de matières albuminoïdes consommées par les Chevaux de l'artillerie de la garde impériale, et à 2gr,5 la quantité des mêmes principes azotés existant dans la portion de la ration correspondant au même poids du corps pour les Chevaux de travail ordinaire. Cet auteur évalue aussi à 2 grammes par kilogramme du poids de l'organisme la quantité d'aliments plastiques nécessaires pour l'entretien des Bœufs et des Vaches, en ajoutant toutefois à la ration de ces dernières un supplément correspondant à la production du lait.

(1) Le tissu graisseux ne jouit que de très-peu d'activité physiologique, et par conséquent la ration d'entretien nécessaire pour réparer les pertes quotidiennes de l'organisme ne doit pas être la même pour les individus de même poids qui seraient sembla-

(*a*) Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. V, p. 401.

(*b*) Baudement, *Études expérimentales sur l'alimentation du bétail* (*Annales de l'Institut agronomique de Versailles*, 1852, t. I, p. 121).

grands (1), et que par conséquent nous devons penser que proportionnément à leur poids, ces derniers consomment moins d'aliments que les premiers. L'observation confirme cette opinion, et ce fait nous explique pourquoi les agriculteurs qui élèvent des Animaux de boucherie trouvent en général plus de profit à opérer sur des races de grande taille (2).

bles entre eux sous tous les rapports, sauf la proportion de graisse dont leur corps serait chargé, et ceux dont le poids est dû principalement au développement du système musculaire consommeront plus d'aliments que ceux dont le corps est chargé de graisse. Aussi, dans les expériences sur l'engraissement des Animaux domestiques, voit-on que proportionnellement au poids vif, la quantité d'aliments employés diminue à mesure que l'embonpoint augmente. Cela a été mis très-bien en évidence par les recherches de MM. Lawes et Gilbert sur le régime des porcs (a).

(1) Voyez ci-dessus, page 51.

(2) M. Baudement a mis ce fait très-bien en évidence par ses expériences sur l'alimentation des Chevaux et des Bœufs. Il a conclu de ces recherches que, pour 100 kilogr. de poids vif, les Chevaux exigent journellement :

207 grammes d'aliments azotés et 670 grammes d'aliments respiratoires, quand ils pèsent de 400 à 450 kilogrammes.

193 grammes d'aliments azotés et 670 grammes d'aliments respiratoires, quand ils pèsent de 500 à 550 kilogrammes.

D'après le même auteur, les Bœufs du poids de :

600 à 650 kilogrammes exigent 164 grammes de matières azotées et 626 grammes d'aliments respiratoires pour 100 kilogrammes de poids vif.

700 à 750 kilogrammes exigent pour le même poids vif seulement 140 grammes d'aliments azotés associés à 620 grammes d'aliments non azotés.

750 à 800 kilogrammes exigent pour le même poids vif 135 grammes d'aliments azotés et 620 grammes d'aliments respiratoires (b).

J'ajouterai que, d'après M. Allibert, les Poneys, dont le poids n'est que d'environ 200 kilogrammes, doivent trouver dans leur ration journalière des principes albuminoïdes dans la proportion de 3 grammes par kilogramme, tandis que pour les grands Chevaux d'artillerie, il estime cette quantité relative à 2 grammes seulement.

Le même auteur a fait une série d'expériences sur l'alimentation des Lapins et des Souris, et il estime que pour le même poids de substance vivante, les premiers ont besoin de trouver dans leur nourriture journalière

(a) Lawes, *Pig feeding* (*Journal of the Royal Agricultural Society of England*, 1853, t. XIV, p. 495.

Lawes and Gilbert, *On the Equivalency of Starch and Sugar in Food* (*Report of the 24th meeting of the British Association*, 1854, p. 428).

(b) Baudement, *Expériences sur la valeur alimentaire de plusieurs espèces de betteraves introduites dans la ration des Bœufs de travail* (*Mém. de la Société centrale d'agriculture*, 1853, 2e partie, p. 343).

Influence de certaines matières minérales.

§ 24. — Il est aussi à noter que certaines substances qui ne sont pas susceptibles d'être brûlées dans l'intérieur de l'économie animale, ni d'être utilisées pour la constitution des tissus vivants, paraissent pouvoir exercer une influence considérable sur la marche du travail nutritif, et ralentir ou accélérer les métamorphoses chimiques qui ont pour résultat final la formation des produits excrémentitiels. Ainsi l'arsenic, administré à petites doses, paraît ralentir la combustion respiratoire et favoriser l'accumulation de la graisse dans le corps de l'Homme et des Animaux (1); tandis que l'iode, porté dans le torrent de la

8 grammes de matières albuminoïdes. Enfin, pour les Souris dont le poids moyen est seulement de 16 grammes, il évalue à 46 grammes la proportion de ces aliments plastiques calculée toujours par 1 kilogramme du poids du corps (*a*). Proportionnément à leurs poids, ces petits Animaux consommeraient donc 24 fois plus d'aliments azotés que ne le font les Chevaux.

(1) MM. Schmidt et Stürawage (de Dorpat) ont fait une série d'expériences intéressantes, relatives à l'influence que l'introduction de petites doses d'acide arsénieux exerce sur le travail nutritif chez les Chats. Ils ont trouvé que cette médication détermine une grande diminution dans l'exhalation de l'acide carbonique et dans l'excrétion de l'urée. La différence s'est élevée de 20 à 40 pour 100 de la production ordinaire ; et lorsque les fonctions digestives ne sont pas troublées, le poids du corps peut être notablement augmenté par suite des effets ainsi produits (*b*).

L'arsenic (ou acide arsénieux) est, comme on le sait, un poison violent lorsqu'il est introduit en quantité un peu considérable dans l'économie ; et si quelques Animaux semblent résister mieux que l'Homme à son action toxique, cela dépend seulement de ce qu'il ne séjourne que peu dans leur tube digestif, et n'est absorbé qu'en très-petite quantité avant d'être expulsé au dehors avec les déjections. C'est de la sorte que l'acide arsénieux solide a pu être employé à hautes doses dans le traitement de la pleurésie chronique chez les Moutons (*c*), et administré de la même manière à des Bœufs et à des Chevaux (*d*) ; mais, employé en dissolution, il est absorbé assez rapidement pour que son action toxique ordinaire se manifeste (*e*).

(*a*) Allibert, *Alimentation des Animaux domestiques*, 1862, p. 32.

(*b*) C. Schmidt und L. Sturawage, *Ueber den Einfluss der arsenigen Säure auf den Stoffwechsel* (Moleschott's *Untersuchungen zur Naturlehre*, 1859, t. VI, p. 283).

(*c*) Cambessèdes, voyez Gasparin, *Note sur l'emploi de l'arsenic à hautes doses dans le traitement de la pleurésie chronique des Moutons* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1843, t. XVI, p. 23).

(*d*) Danger et Flandin, *Note sur l'emploi de l'arsenic* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1843, t. XVI, p. 53 et 136).

(*e*) Rognetta, *Note sur l'arsenic considéré comme remède chez les Animaux domestiques* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, t. XVI, p. 57).

circulation, tend à activer divers phénomènes de résorption, et à déterminer l'amaigrissement. Mais ce sont là des sujets dont l'étude appartient à la médecine plus qu'à la physiologie, et par conséquent je ne m'y arrêterai pas davantage ici.

Rôle des matières minérales dans la nutrition.

§ 25. — Dans les considérations que je viens de présenter, il n'a été guère question que des matières alimentaires de nature organique; mais nous avons déjà vu qu'il existe des matières minérales en proportion plus ou moins considérable dans toutes les parties solides et liquides de l'économie animale; que ces matières y jouent des rôles importants, et que les humeurs excrémentitielles en entraînent sans cesse au dehors. Il faut donc que la ration d'entretien de l'Homme et des Animaux renferme une quantité de chacune de ces substances correspondante à celle nécessaire pour contre-balancer ces pertes, ainsi que pour fournir à l'accroissement du corps lorsque celui-ci est dans sa période de développement. Dans la plupart des circonstances, ces substances minérales existent en quantité suffisante dans les aliments naturels que fournissent les deux règnes organiques ou dans les eaux employées comme boisson ; mais il n'en est pas toujours ainsi, et alors la ration d'entretien doit nécessairement contenir des sels minéraux aussi bien que de l'eau et des aliments azotés et carbo-hydrogénés. Ainsi, dans l'accomplissement des actes physiologiques normaux, certains Animaux font une très-forte dépense de chaux carbonatée, et, pour compléter leur recette quotidienne, ils ont besoin de manger des matières minérales aussi bien que des aliments ordinaires. La Poule est dans ce cas : les œufs qu'elle pond en grand nombre emportent journellement une quantité très-considérable de chaux qui est le principal élément constitutif de la coquille, et c'est en partie pour fournir à la sécrétion dont son oviducte est le siége, que la Nature lui a donné l'instinct de picoter dans le sol et d'avaler de petits fragments de terre. Si elle est privée de cette ressource, elle

épuise bientôt la réserve de carbonate calcaire emmagasiné dans son organisme, et ne pond plus (1).

Un phénomène analogue, mais dont l'importance est plus grande, a été constaté expérimentalement par Chossat sur des Tourterelles. En empêchant ces Oiseaux d'avaler des fragments de pierre et en les nourrissant de grains seulement, ce physiologiste a vu que leurs os cessaient d'avoir la consistance ordinaire et devenaient friables. Pour eux, les petites pierres calcaires sont des aliments nécessaires, dont la privation est en général très-promptement suivie de la mort (2).

Rôle du sel commun.

§ 26. — L'importance physiologique du chlorure de sodium est rendue manifeste par ce que nous avons déjà vu relativement à la présence de ce corps dans le sang et à son influence sur la conservation des globules hématiques dans le sérum (3). Nous avons vu également que la sécrétion du suc gastrique nécessaire pour l'accomplissement du travail digestif est accompagnée d'une élimination d'acide chlorhydrique en quantité considérable (4); enfin, nous avons constaté aussi l'excrétion de beaucoup de chlorure de sodium par les voies

(1) Vauquelin a observé cette particularité en nourrissant avec de l'avoine seulement une Poule qui, sous l'influence de son régime ordinaire, pondait un œuf tous les jours (*a*).

(2) Dans ces expériences de Chossat, le tissu osseux a été en partie résorbé, et le squelette est devenu très-fragile (*b*); mais on voit, par les recherches plus récentes de mon fils, que lors de l'insuffisance des matières calcaires dans la ration des Pigeons, la friabilité des os ne résulte pas d'un changement dans la composition chimique de la substance osseuse et d'une diminution dans la proportion des éléments minéraux de ce tissu, mais d'un ralentissement dans le travail nutritif producteur ou réparateur, de façon que la quantité de tissu osseux devient insuffisante (*c*).

(3) Voyez tome I, page 196.

(4) Voyez tome VII, page 26.

(*a*) Vauquelin, *Expériences sur les excréments des Poules comparés à la nourriture qu'elles prennent* (*Ann. de chimie*, 1799, t. XXIX, p. 20).

(*b*) Chossat, *Note sur le système osseux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1842, t. XIV, p. 451).

(*c*) Alphonse Milne Edwards, *Expériences sur la nutrition des os* (*Ann. des sciences nat.*, t. XV, p. 254).

urinaires (1). Il en résulte que la ration d'entretien de l'Homme et des Animaux qui se rapprochent de lui par leur mode de constitution, doit contenir une certaine quantité de cette substance minérale. Pour l'Homme, la proportion de chlorure de sodium qui existe dans les aliments tels que la Nature nous les fournit, est en général insuffisante, et il est très-utile d'y ajouter une petite quantité de cette matière saline. Dans certaines circonstances, il en est de même pour les Moutons et pour quelques autres de nos Animaux domestiques; mais dans ces derniers temps les agriculteurs et les économistes ont singulièrement exagéré les avantages de cette pratique, et ils ont évalué avec non moins d'exagération la consommation utile du sel pour l'alimentation de l'Homme (2). C'est à tort que l'on considère la quantité de chlorure de sodium contenu d'ordinaire dans les urines comme donnant la mesure de la quantité que la ration d'entretien doit contenir, car une grande partie du sel excrété de la sorte a traversé rapidement l'organisme sans y avoir joué aucun rôle utile, et l'excrétion de cette substance peut diminuer beaucoup sans qu'il en résulte aucun inconvénient grave (3); mais, d'un autre côté, l'addition d'une certaine proportion de ce condiment aux aliments dont nous faisons usage est bonne non-seulement pour stimuler notre

(1) Voyez tome VII, page 517.

(2) Beaucoup de ces exagérations ont été inspirées par le désir de faire abolir l'impôt dont le sel a été pendant longtemps l'objet. Cette question a fait naître de nombreuses publications il y a une quinzaine d'années, et parmi les plaidoyers en faveur de cette mesure financière, je citerai souvent un livre de M. Barral, parce qu'on y trouve des renseignements utiles aux physiologistes (a). Pour l'appréciation des arguments invoqués par M. Demesmay et autres, je renverrai à un rapport que j'ai adressé au ministre de l'agriculture en 1850 (b).

(3) M. Wund a trouvé qu'en s'abstenant complétement de l'usage du

(a) Barral, *Statique chimique des Animaux appliquée spécialement à la question de l'emploi agricole du sel*, 1850.

(b) Milne Edwards, *Rapport sur la production et l'emploi du sel en Angleterre*, 1850.

appétit, mais aussi pour entretenir les forces digestives, et pour modifier l'action exercée par l'eau qui peut se trouver introduite en quantité considérable dans le torrent de la circulation par l'absorption gastrique, et qui s'échappe ensuite de l'économie par les reins. Il me paraît bien démontré que l'emploi de ce condiment tend à augmenter le travail de mutation de la matière organique dont résultent les produits excrémentitiels urinaires; mais il ne me semble pas aussi bien prouvé que ce résultat soit une conséquence directe de l'action du chlorure de sodium sur les substances en voie de transformation (1), et ne dépende pas seulement de ce qu'un régime salé

sel de cuisine pendant cinq jours, la quantité de cette substance excrétée par les voies urinaires a diminué de la manière suivante :

	QUANTITÉ D'URINE ÉVACUÉE.	QUANTITÉ DE CHLORURE DE SODIUM EXCRÉTÉE.
	Centimètres cubes.	Grammes.
1er jour. . .	2022	7,207
2e jour. . .	1428	3,023
3e jour. . .	1216	2,437
4e jour. . .	1341	1,359
5e jour. . .	1045	1,091 (a).

(1) M. Bischoff a trouvé qu'un Chien qui mangeait journellement 500 grammes de bœuf, excrétait 22gr,50 d'urée lorsqu'il ne recevait pas de sel, et 28gr,34 lorsqu'on avait ajouté du sel à sa boisson. Cela suppose une augmentation journalière de 5gr,84 dans la consommation nutritive des matières azotées sous l'influence du sel (b).

Quelques auteurs ont considéré le chlorure de sodium comme exerçant une influence très-considérable sur l'engraissement des Animaux, et l'on a été jusqu'à dire sérieusement qu'une livre de sel fait 10 livres de graisse (c) ; mais dans la plupart des expériences bien faites par les agronomes, on n'a pu constater aucun effet de ce genre (d). La discussion des

(a) W. Wund, *Ueber den Kochsalzgehalt des Harns* (*Journal für praktische Chemie*, 1853, t. LIX, p. 267).

(b) Bischoff, *Einfluss des Kochsalzes auf die Harnstoffentleerung* (*Annalen der Chemie und Pharm.*, 1853, t. LXXXVII, p. 109).

(c) Demesmay, voyez le *Moniteur universel* du 20 mai 1847.

(d) Paurier, *Expériences sur le sel ordinaire employé pour l'amendement des terres et l'engraissement des Animaux*. Nancy, 1847.

— Barthelemy, *Observations sur l'emploi du sel en agriculture* (*Mém. de la Société centrale d'agriculture*, 1848-1849, p. 411).

provoque la soif et détermine l'introduction d'une quantité plus considérable d'eau dans l'organisme, circonstance qui, à son tour, active le travail de résorption nutritive et d'excrétion (1).

Rôle de l'eau.

En effet, l'eau introduite dans notre corps sous la forme de boisson ne sert pas seulement à remplacer l'eau perdue par suite de la transpiration pulmonaire et des autres excrétions; elle active l'absorption des produits de la digestion, elle augmente les effets du lavage organique résultant du passage des courants sanguins dans la substance des tissus, et elle rend plus abondantes les évacuations effectuées par la sécrétion rénale (2).

recherches de M. Boussingault sur ce sujet confirme cette opinion (a); mais l'emploi d'une certaine quantité de sel peut être utile en agriculture pour exciter les Animaux à manger des fourrages avariés dont le goût leur déplaît, ou pour combattre les effets d'un sol trop humide, lorsqu'il s'agit de l'élevage des Moutons (b). M. Boussingault a remarqué que les bêtes bovines qui, dans ses étables, recevaient une ration de sel, avaient le poil plus lisse et plus beau que les autres (c).

(1) Il est cependant à noter que, d'après les expériences faites par M. Barral sur des Moutons, le sel paraît avoir augmenté la sécrétion urinaire, non-seulement d'une manière absolue, mais aussi proportionnément à la quantité d'eau employée comme boisson. Sous l'influence du régime salé, cet auteur a trouvé aussi que la proportion d'azote excrétée par les voies urinaires était beaucoup plus considérable que sous l'influence du régime ordinaire (d).

(2) Pour étudier l'influence que l'eau exerce sur le travail nutritif, chez l'Homme, M. Böker fit sur lui-même une série d'expériences dans lesquelles, après avoir constaté quelle était la quantité d'aliments nécessaire pour maintenir sans variations le poids de son corps dans les circonstances ordinaires, il continua ce régime, mais en variant la quantité d'eau employée comme boisson. Pendant une semaine il ne prit journellement que 1260 grammes de ce liquide, et pendant une autre période de même durée il en prit 3060 grammes par jour. Sous l'influence de cette ingurgitation considérable de liquide le besoin d'aliments se fit sentir davan-

(a) Milne Edwards, *Rapport sur la production et l'emploi du sel*, p. 73.

(b) Delafond, *Sur l'emploi du sel marin dans l'économie des Animaux domestiques* (*Mém. de la Société centrale d'agriculture*, 1849, 1re partie, p. 385).

(c) Boussingault, *Recherches entreprises pour déterminer l'influence que le sel ajouté à la ration exerce sur le développement du bétail* (*Ann. de chimie*, 1847, t. XIX, p. 117; t. XX, p. 113, et t. XXII, p. 116).

(d) Barral, *Statique chimique des Animaux*, p. 437 et suiv.

La quantité d'eau qui, sous la forme de boisson, est nécessaire pour constituer la ration d'entretien, varie beaucoup, suivant les Animaux, suivant les conditions biologiques qui influent sur la transpiration insensible, et suivant le degré de sécheresse des aliments solides. Quelques Animaux ne boivent jamais ou presque jamais, parce qu'ils trouvent dans leurs aliments la quantité d'eau dont ils ont besoin : le Lapin est dans ce cas (1) ; mais d'autres en boivent beaucoup. Ainsi,

tage, et il éprouva de la faiblesse ; le poids de son corps diminua, et la quantité d'urine augmenta beaucoup proportionnellement à celle de l'eau employée. La quantité d'acide carbonique exhalé par les poumons ne varia pas, et la perte du poids du corps résulta d'une augmentation dans le travail sécrétoire, d'où l'auteur conclut que le passage de l'eau à travers l'organisme accélère la marche des phénomènes de désassimilation dont celui-ci est le siége (a).

MM. Falck et Scheffer ont étudié l'influence que la privation des boissons ou l'usage libre de l'eau exercent sur la consommation des aliments et sur les produits excrémentitiels du travail nutritif chez les Pigeons. Ils ont vu que ces Animaux mangent beaucoup plus quand ils boivent comme d'ordinaire, que lorsqu'ils sont privés d'eau, et que les pertes subies par l'organisme, soit sous la forme d'acide carbonique et d'eau à l'état de vapeur exhalée par les voies respiratoires, soit sous celle de produits urinaires et de matières alvines, diminuent dans une proportion non moins grande sous l'influence de la soif. Dans une des expériences faites par ces physiologistes, les pertes par la respiration et la transpiration insensibles tombèrent ainsi de 66 à 11, et celles dues aux évacuations urinaires et alvines de 114 à 69 par le fait de la privation d'eau (b).

(1) Il en est de même du Cochon d'Inde, de la Souris et de plusieurs autres Rongeurs. Plusieurs Oiseaux de proie ne boivent que rarement, et peuvent se passer d'eau pendant très-longtemps. Ainsi, Lassaigne a gardé un Duc pendant huit mois sans lui donner à boire, et en le nourrissant seulement avec un petit animal ou un morceau de viande fraîche chaque jour (c).

Quelques zoologistes ont rangé aussi le Lézard parmi les Animaux qui ne boivent pas, mais ils étaient dans l'erreur à ce sujet (d).

(a) Böker, *Untersuchungen über die Wirkungen des Wassers* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIV, p. 307).

(b) Falck und Th. Scheffer, *Der Stoffwechsel an Körper durstender, durststillender und verdurstender Vögel* (*Archiv für physiologische Heilkunde*, 1854, t. XIII, p. 61).

(c) Leuret et Lassaigne, *Recherches pour servir à l'histoire de la digestion*, 1825, p. 198.

(d) Dugès, *Recherches anatomiques et physiologiques sur la déglutition dans les Reptiles* (*Ann. des sciences nat.*, 1827, t. XII, p. 360).

un Cheval qui trouve chaque jour environ 1 kilogramme et quart d'eau dans ses aliments solides, en prend d'ordinaire environ 6 litres sous la forme de boisson (1). Le Bœuf en consomme encore plus, et la quantité totale d'eau qu'il reçoit quotidiennement sous diverses formes s'élève d'ordinaire à environ 90 grammes pour chaque kilogramme du poids de son corps. Pour les Vaches laitières, cette quantité est encore plus élevée par suite de la déperdition due à la sécrétion mammaire (2).

Plusieurs anciens physiologistes ont cherché à évaluer la quantité d'eau dont l'Homme a besoin journellement ; mais on ne peut rien établir de général à ce sujet, car les variations sont très-considérables suivant les individus, la température extérieure, l'état hygrométrique de l'air et une foule d'autres circonstances (3).

(1) Le Cheval qui a servi aux recherches de M. Boussingault sur l'alimentation pesait environ 400 kilogrammes, et recevait par jour, tant sous la forme de boisson que dans les aliments solides, 17 378 grammes d'eau ; ce qui correspond à environ 43 grammes pour chaque kilogramme du poids de l'Animal (*a*). Dans une expérience faite à Alfort par Lassaigne, cette proportion était de 43 pour 1000 (*b*).

(2) M. Allibert a trouvé que chez un Bœuf qui pesait 797 kilogrammes, la consommation totale d'eau était de 72 kilogrammes par jour, et que chez un autre individu du poids de 646 kilogrammes, cette même consommation était de 58 kilogrammes. Enfin, chez un troisième individu qui pesait 555 kilogrammes, elle n'était que de 50 kilogrammes, ce qui donne pour chacun de ces Animaux 90 grammes par kilogramme du poids total du corps. Chez des Vaches, cette consommation d'eau était dans la proportion de 120 grammes par kilogramme du poids de l'animal (*c*).

Le même auteur évalue à 150 grammes pour chaque kilogramme du poids de l'Animal la quantité d'eau qui entre dans la ration d'un Porc, tandis que cette proportion ne s'élèverait, d'après ses calculs, qu'à 68 ou même à 63 seulement chez les Moutons.

(3) Quelques auteurs ont évalué la quantité des boissons par rapport à celle des aliments. Ainsi Sanctorius a cru pouvoir établir que, normalement,

(*a*) Boussingault, *Analyses comparées des aliments consommés et des produits rendus par un Cheval soumis à la ration d'entretien* (*Ann. de chimie et de physique*, 1839, t. LXXI, p. 134).

(*b*) Allibert, *Alimentation des Animaux domestiques*, 1862, p. 101.

(*c*) Idem, *Op. cit.*, p. 105.

Ainsi que chacun le sait, la privation des boissons occasionne à l'Homme des souffrances très-vives ; il en est de même pour la plupart des autres Animaux. Mais les effets de ce genre d'abstinence ne sont pas aussi graves qu'on pourrait le croire au premier abord, et lorsque les aliments organiques nécessaires pour constituer la ration d'entretien manquent, la mort est souvent accélérée plutôt que retardée par le libre usage de l'eau ; ce qui s'explique facilement par l'augmentation des pertes par excrétion que détermine le passage d'une quantité considérable de ce liquide par les voies urinaires (1).

§ 27. — Nous venons de passer en revue les principales circonstances qui influent sur la consommation nutritive de l'Homme adulte ; nous avons cherché aussi à déterminer la quantité de chacun des principaux éléments chimiques que le corps humain a besoin de s'approprier. Mais les notions acquises de la sorte ne peuvent nous suffire, et pour compléter nos études relatives à la nutrition de l'Homme

pour un partie d'aliments solides, l'Homme buvait normalement plus de trois parties (en poids) d'eau ; suivant Cornaro, cette proportion serait comme 1 : 1,16, et suivant Robinson, comme 1 : 2,5 (a).

(1) Ainsi, dans des expériences sur ce sujet, faites par Chossat sur des Tourterelles, la mort est arrivée plus promptement chez les individus qui buvaient de l'eau à volonté que chez ceux qui en étaient privés. Pour les Pigeons, la durée de la vie a été à peu près la même dans les deux cas ; mais les Lapins qui, en étant soumis à l'inanition, se trouvaient privés d'eau, ont vécu notablement moins longtemps que ceux qui buvaient à discrétion. Par l'ingestion forcée d'une certaine quantité d'eau dans l'estomac des Animaux privés d'aliments, Chossat a vu la vie être abrégée d'une manière très-remarquable. Ceux qui étaient soumis à cette ingestion n'ont vécu, terme moyen, que sept jours, tandis que ceux qui étaient privés d'eau ne sont morts qu'au bout de onze jours d'abstinence (b).

(a) Voyez Burdach, *Traité de physiologie*, t. IX, p. 287.

(b) Chossat, *Recherches expérimentales sur l'inanition* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, 1843, t. VIII, p. 501).

et des Animaux, il nous faut encore chercher sous quelle forme ces matières doivent être fournies à l'organisme, et approfondir davantage l'histoire physiologique des substances alimentaires : c'est ce que nous ferons dans la prochaine Leçon.

SOIXANTE-DIXIÈME LEÇON.

Suite de l'étude des phénomènes de nutrition. — De la valeur nutritive des divers aliments.

Valeur nutritive des aliments.

§ 1. — Il a suffi de l'observation journalière pour faire reconnaître que tous les aliments ne possèdent pas au même degré la puissance nutritive, et, lorsque les agronomes ont voulu donner à la zootechnie des bases scientifiques, ils ont compris que pour l'économie rurale il importait de connaître avec autant de précision que possible les différences qui peuvent exister à cet égard entre les diverses substances dont ils composent la ration de leurs Animaux domestiques. Les physiologistes ont attaché aussi beaucoup d'intérêt à la solution des questions de cet ordre, et les personnes qui s'occupent d'économie sociale et d'administration publique n'ont pu y rester indifférentes. Aussi, depuis une vingtaine d'années, des recherches expérimentales fort nombreuses ont été faites sur ce sujet, et l'on a cherché à déterminer avec précision, d'une part, quels sont les besoins nutritifs de l'Homme et des Animaux que nous élevons pour notre service; d'autre part, quelle est la valeur physiologique relative des différents aliments. M. Boussingault fut un des premiers à tenter la construction d'une table d'équivalents nutritifs, et d'importants travaux relatifs à l'alimentation de l'Homme ont été faits plus récemment par plusieurs chimistes, au nombre desquels je placerai en première ligne M. Liebig.

Proportion d'eau contenue dans les divers aliments.

L'eau se trouve en si grande abondance dans la nature, qu'en général la valeur vénale de la quantité de ce liquide dont un Homme ou un Animal a besoin pour sa boisson est pour ainsi dire nulle, et qu'on n'en tient aucun compte dans les évalua-

tions dont il est ici question. Lorsqu'on veut comparer entre eux la puissance nutritive des divers aliments, il faut donc déterminer tout d'abord la proportion d'eau que ces corps peuvent contenir, et les considérer que comme s'ils étaient à l'état sec, bien que ce ne soit jamais ainsi qu'on en fasse usage. Dans les premiers essais faits par les chimistes pour apprécier la valeur physiologique des substances alimentaires, on se contenta des données obtenues de la sorte : et effectivement, quand il s'agit seulement de matières qui, par leur nature, se ressemblent beaucoup entre elles, on peut arriver ainsi à des approximations satisfaisantes dans beaucoup de cas (1) ; mais lorsqu'on veut approfondir l'étude théorique de ces questions, il faut nécessairement tenir grand compte de la composition et des propriétés de la portion solide des aliments, aussi bien que de leur quantité.

(1) En 1818, le ministre de l'intérieur voulant s'éclairer sur la valeur nutritive des diverses substances employées pour l'alimentation des détenus, adressa à la Faculté de médecine de Paris une série de questions à ce sujet, et, pour y répondre, Vauquelin et Percy dosèrent la quantité d'eau et la proportion de matières extractives contenues dans un certain nombre de ces corps. Ils trouvèrent que la quantité de matière sèche contenue dans 1 kilogramme d'aliment était de :

760 pour le pain ordinaire de Paris.
340 pour la viande maigre de Bœuf.
250 pour les pommes de terre.
144 pour les épinards.
143 pour les carottes.
89 pour les choux.
80 pour les navets.

Ce fut d'après ces bases que Vauquelin et Percy dressèrent un tableau de la valeur nutritive comparative des principaux aliments employés dans les prisons (a).

Dans toutes les recherches faites sur le même sujet depuis vingt ans, il a été tenu compte de la proportion d'eau qui se trouve associée aux matières organiques dans les substances alimentaires, et, pour plus de détails relatifs aux faits de cet ordre, je renverrai aux tableaux que je donnerai dans une autre partie de cette Leçon (b).

J'ajouterai que M. Lawes et Gilbert ont déterminé la proportion d'eau contenue dans les différentes parties du corps des animaux de boucherie (c).

(a) Percy et Vauquelin, *Rapport fait à la Faculté de médecine le 9 avril 1813* (*Bulletin de la Faculté et de la Société de médecine*, t. VI, p. 75).
(b) Voyez ci-après, page 208.
(c) Lawes and Gilbert, *Experimental Inquiry into the Composition of some of the Animals fed and slaughtered as Human Food* (*Philos. Trans.*, 1859, t. CXLIX, p. 580 et suiv.).

Équivalents nutritifs.

Dans la pratique, on peut suivre une autre marche, et arriver par des tâtonnements à connaître la quantité de tel ou tel aliment particulier qui peut être substitué à une quantité déterminée de telle autre substance nutritive dans la ration d'entretien d'un Animal adulte, c'est-à-dire dans la ration à l'aide de laquelle on satisfait à tous ses besoins et l'on maintient son corps dans un état stationnaire. Plusieurs agronomes ont publié des observations de ce genre; mais dans une exploitation rurale il est toujours fort difficile d'obtenir ainsi des résultats nets et constants, car les conditions dans lesquelles on opère varient trop, et, du reste, les faits enregistrés de la sorte ne pouvaient résoudre la plupart des questions les plus importantes pour l'étude physiologique de l'alimentation. M. Boussingault a donc rendu à la science un service considérable, lorsqu'il a fait intervenir dans ces recherches l'analyse élémentaire des matières alimentaires, et qu'il a établi des comparaisons précises entre leur pouvoir nutritif et leur richesse en azote ou tout autre principe constitutif.

Évaluation d'après l'azote contenu.

Les premières expériences de M. Boussingault portent sur l'alimentation des Animaux de ferme, tels que le Cheval et la Vache, dont la nourriture se compose de substances très-riches en carbone, mais généralement pauvres en azote. Or, les faits dont j'ai rendu compte dans les précédentes Leçons nous ont montré que pour subvenir à la dépense nutritive de ces Animaux, il faut que leur ration quotidienne renferme une quantité considérable d'azote. Nous ne devons donc pas nous étonner si, dans le cas particulier que je viens d'indiquer, la condition dominatrice ait été la proportion de matières azotées contenues dans l'aliment. En effet, M. Boussingault a été frappé de la concordance qu'il trouvait entre la puissance nutritive des diverses substances végétales dont il faisait usage pour la nourriture de ses Animaux de ferme et la quantité d'azote que ces substances contiennent. Il crut même pouvoir poser en prin-

que la propriété alimentaire des végétaux réside essentiel-
nt dans leurs matières azotées, et que leur faculté nutri-
st proportionnelle à la quantité d'azote qui entre dans leur
osition ; enfin, il dressa d'après ces vues une table d'équi-
ts nutritifs, dans laquelle il donna le poids de chaque ali-
correspondant à une quantité constante d'azote.

mme exemples de ces différences, je dirai que pour fournir
Animal la quantité d'azote contenue dans 100 grammes
in ordinaire, il faut :

s.
de navets.
de betteraves blanches de Silésie.
de betteraves champêtres.
de paille de seigle nouvelle.
de choux pommés.
de carottes.
de pommes de terre.
de paille de froment ancienne.
de fanes de pomme de terre.
de paille de lentilles.
de foin de luzerne.

Grammes.
68 d'avoine des magasins militaires de Paris.
60 d'avoine d'Alsace, première qualité.
58 de seigle d'Alsace, première qualité.
55 de froment d'Alsace.
27 de pois secs.
25 de lentilles.
22 de tourteau de lin.
14 de tourteau d'arachis.

tte inégalité dépend en grande partie de la proportion d'eau
enue dans ces substances, mais elle correspond aussi en
e à la proportion d'azote que renferme la matière sèche ;
, en faisant abstraction de l'eau et en analysant la matière
e, M. Boussingault trouva pour 100 grammes :

0gr,43 d'azote	dans la paille de froment ancienne.
1gr,50	dans la pomme de terre ordinaire.
2gr,30	dans le froment d'Alsace.
3gr,84	dans les pois jaunes.
5gr,20	dans le tourteau de lin.
8gr,89	dans le tourteau d'arachis.

n se fondant sur l'hypothèse de la proportionnalité de l'azote
enu dans ces aliments et de leur pouvoir nutritif, M. Bous-
ult a fait diverses expériences dans lesquelles une portion
oin de la ration ordinaire fut remplacée par son équivalent

théorique de paille, d'avoine, etc., et dans un grand nombre de cas il vit que le poids du corps de l'Animal restait stationnaire, malgré ces changements de régime ; mais dans d'autres cas, il n'en fut pas de même, et il n'y eut pas accord entre la théorie et les résultats observés (1).

Le désaccord deviendrait encore plus grand, si l'on comparait entre elles d'autres substances alimentaires, telles que du riz, de la viande, du thé ou du café, et l'écorce de certaines plantes. En effet, les divers principes immédiats azotés qui peuvent se rencontrer dans une substance végétale ou animale ne sont pas tous également utilisables dans le travail nutritif dont l'économie animale est le siége, et, du reste, nous savons déjà que les substances carbo-hydrogénées sont aptes à se substituer en partie aux matières azotées comme aliment de la combustion physiologique, et par conséquent, en théorie aussi bien que dans la pratique, il faut en tenir grand compte. Il paraîtrait même que pour l'engraissement de nos Animaux de boucherie, leur rôle serait plus important que celui des principes azotés (2). Les questions relatives à la nutrition des

(1) Pour plus de détails, au sujet de la proportion d'azote contenue dans les divers aliments, et de la valeur nutritive de ces substances, je renverrai aux ouvrages de M. Boussingault (*a*). Mais je dois ajouter que dans la dernière édition de son traité d'*Économie rurale* (1851), ce chimiste éminent a beaucoup modifié ses premières idées sur les équivalents nutritifs, et qu'il n'attribue plus une importance aussi grande à la proportion d'azote contenue dans les aliments.

Il est aussi à noter que, dans quelques substances alimentaires végétales, il existe des sels ammoniacaux en quantité fort notable, et que, par conséquent, la totalité de l'azote fourni par l'analyse élémentaire n'y est pas applicable à la nutrition. Dans l'*Agaricus prunellus*, par exemple, à l'état frais, on a trouvé environ 2 millièmes de ces sels (*b*).

(2) Ce résultat ressort des recherches de M. Lawes sur l'engraissement des Moutons et des Porcs (*c*).

(*a*) Boussingault, *Recherches sur la quantité d'azote contenue dans les fourrages et sur leurs équivalents* (*Ann. de chimie et de physique*, 1836, t. LXIII, p. 225, et t. LXVII, p. 409). — *Économie rurale*, 1844, t. II, p. 380 et suiv.

(*b*) Voelcker, *On the percentage of Nitrogen as an index to the Nutritive valour of food* (*Report of the British Association for the Advancement of Science*, 1850, *Transactions*, p. 64).

(*c*) Lawes, *Agricultural Chemistry, Sheep-feeding and Manure* (*Journal of the R. Agricul-*

Animaux sont d'ailleurs beaucoup plus complexes qu'on ne serait porté à le croire au premier abord, et la valeur physiologique des aliments dépend non-seulement de leur composition élémentaire et des qualités qui leur sont propres, mais aussi de leur mode d'association, et l'on se formerait des idées fausses du rôle que ces substances sont susceptibles de remplir, si on les considérait seulement d'une manière isolée (1).

(1) La connaissance de la composition élémentaire des substances employées pour l'alimentation, soit de l'Homme, soit de nos Animaux domestiques, n'en est pas moins indispensable pour toute étude scientifique de la valeur nutritive de ces matières, et depuis quelques années beaucoup de recherches ont été faites sur ce sujet.

Voici les principaux résultats obtenus par MM. Schlossberger et Kemp, en opérant sur 100 parties de matières sèches (*a*) :

ALIMENTS ANALYSÉS.	AZOTE.	ALIMENTS ANALYSÉS.	AZOTE.
Lait de Vache	3,78	Laitance du Hareng	14,60
Lait de Femme	1,50	Cabillaud frais	14,64
Fromage de Dunlop	6,03	Cabillaud bouilli	12,98
Fromage hollandais de Gouda	7,11	Cabillaud traité par l'alcool	15,72
Fromage de Chester	6,75	Plie (*Flaunder*) crue	14,18
Fromage de Gloucester double	6,98	Plie bouillie	15,18
Fromage de Gloucester vieux	5,27	Plie traitée par l'alcool	15,71
Jaune d'œuf	13,14	Raie crue	13,66
Huîtres	5,25	Raie traitée par l'alcool	15,22
Foie et bile de Crabe	7,52	Crabe	13,66
Moules crues	8,41	Pigeon cru	12,10
Moules bouillies	10,15	Pigeon bouilli	12,33
Foie de Bœuf	10,66	Pigeon traité par l'alcool	13,15
Foie de Pigeon	11,80	Agneau cru	13,26
Soupe conservée	12,16	Agneau traité par l'alcool	14,56
Anguille crue	6,91	Mouton cru	11,30
Anguille bouillie	6,82	Mouton bouilli	13,55
Anguille traitée par l'alcool bouillant	14,45	Mouton traité par l'alcool	14,76
Saumon frais	12,35	Bœuf cru	13,87
Saumon bouilli	9,70	Bœuf traité par l'alcool	14,88
Saumon traité par l'alcool	15,62	Jambon cru	8,57
Hareng cru	14,48	Jambon bouilli	12,48
Hareng bouilli	12,85	Jambon traité par l'alcool	14,21
Hareng traité par l'alcool	14,54	Blanc d'œuf	13,44

tural Soc. of England, 1849, t. X, p. 270). — *Pig feeding* (*Journ. of the Agricult. Soc. of England*, 1853, t. XIV, p. 521).

— Lawes and Gilbert, *On the Composition of foods in relation to Respiration and Feeding of Animals* (*Report of the 22th meeting of the British Association*, p. 323).

(*a*) Schlossberger und Kemp, *Versuch zu einer Nutritionsskale unserer Nahrungsmittel aus beiden organischen Reichen, hergeleitet aus ihrem Stickstoffgehalt* (*Arch. f. Physiol. Heilk.*, 1846, t. V, p. 17).

Évaluation d'après la quantité de carbone.

Jadis beaucoup de physiologistes croyaient devoir refuser le nom d'aliments aux substances qui ne suffisent pas à l'entretien de la vie, et, après avoir constaté que le sucre, la gomme et les autres natures organiques non azotées ne remplissent pas ces conditions, on trouva que certaines substances azotées, la gélatine, par exemple, étaient également inaptes à répondre à tous les besoins de l'organisme ; en sorte que l'on considéra ce corps comme ne pouvant être employé utilement pour la nourriture de l'Homme et des Animaux. Mais cette manière d'envisager la question manquait de justesse, et des expériences précises montrèrent que la gélatine est susceptible de concourir à l'entretien du travail nutritif, pourvu qu'elle se trouve associée à des substances excitantes qui en facilitent la digestion et l'emploi ultérieur dans l'intérieur de l'organisme (1).

(1) Cette question fut soulevée à l'occasion de l'emploi des soupes dites économiques dans les hôpitaux et autres établissements destinés à secourir les indigents. Darcet avait beaucoup préconisé l'usage de ces soupes, dont le principal ingrédient était de la gélatine extraite des os de boucherie par la coction à haute température, ou au moyen d'un traitement préalable par l'acide chlorhydrique (*a*). Cependant les produits obtenus de la sorte étaient fort mauvais et furent l'objet de plaintes très-vives, à la suite desquels M. Donné, Ganal, Magendie et plusieurs autres médecins firent des expériences, dont il leur parut résulter que la gélatine ne possédait pas de propriétés nutritives (*b*). Mais les recherches expérimentales de William Edwards et Balzac prouvent que cette substance, tout en étant un aliment insuffisant est susceptible de jouer un rôle important dans la nutrition. Ainsi, un petit Chien mis au régime du pain et de la gélatine pendant soixante-quinze jours augmenta de poids de 159 grammes ; dans une autre expérience, le même Animal soumis au même régime augmenta de 29 grammes en vingt et un jours; mais, étant ensuite privé de gélatine et nourri avec du pain et de l'eau seulement, il perdit 333 grammes en trente-trois jours. Un au-

(*a*) Darcet, *Mémoire sur les os provenant de la viande de boucherie, dans lequel on traite de la conservation de ces os, de l'extraction de leur gélatine par le moyen de la vapeur, et de l'usage alimentaire de la dissolution gélatineuse qu'on en obtient* (*Recueil industriel*, par Moléon), et un grand nombre d'autres notes publiées dans le même recueil.

(*b*) Donné, *Mémoire sur l'emploi de la gélatine comme substance alimentaire* (*Archives générales de médecine*, 2ᵉ série, 1835, t. VIII, p. 246).

— Gannal, *Lettre adressée à M. le baron Thenard*, 1841.

— Magendie, *Rapport fait à l'Académie des sciences au nom de la Commission dite de la gélatine* (*Comptes rendus de l'Académie*, 1841, t. XIII, p. 237).

— Liebig, *Nouvelles lettres sur la chimie*, 1852, p. 206.

st évident que dans l'étude théorique des aliments il faut grand compte de la quantité d'oxygène que ces corps ment ; car leur valeur comme combustible diminue pro-onnellement à cette quantité, puisque cet élément com-t s'y trouve déjà à l'état de combinaison avec un ou urs des autres éléments constitutifs de la matière orga-dont il neutralise la puissance comme agent combustible. st donc pas la proportion totale de l'hydrogène ou du ne contenus dans un aliment qui influe sur sa puissance ve, mais la quantité de l'un et de l'autre de ces élé-qui se trouve en excès, lorsqu'on suppose que la totalité xygène avec lequel ils sont associés est employée à les rmer en eau ou en acide carbonique. Ainsi, le sucre

idu nourri de pain et de gé-pendant trente-quatre jours 09 grammes de son poids, et égal espace de temps il perdit mmes lorsqu'il était mis au u pain et de l'eau seulement. ans d'autres expériences, ces gistes constatèrent qu'un Chien vec du pain et de la gélatine nés de quelques cuillerées de bien sapide gagna en quinze 18 grammes. Or, dans ce cas, tité pondérale de matière ire, autre que la gélatine que it le bouillon, était insigni-t aurait été évidemment in-e pour maintenir l'organisme ids initial, si elle avait été ad-e seule (*a*).

expériences faites plus ré-t sur le même sujet par choff et Voit prouvent égale-e la gélatine peut tenir lieu d'une portion de la matière azotée nécessaire à la nutrition. Ainsi, un Chien du poids de 33040 grammes reçut journellement 200 grammes de viande et 200 grammes de gélatine ; il perdit journellement 134 grammes de son poids. On augmenta alors de 100 grammes de gélatine la ration du même Animal, et l'on trouva que ses pertes se réduisirent à 77 grammes par jour. Ainsi, 100 grammes de géla-tine par jour avaient diminué de 23 grammes la perte du poids du corps chaque jour. Ces expérimenta-teurs pensent, du reste, que la valeur nutritive de la gélatine, comparée à celle de l'albumine, est très-faible (en-viron 1/4), et que pour subvenir aux dépenses physiologiques de l'orga-nisme avec cette substance seulement, il faudrait des quantités bien supé-rieures à celles que l'appareil digestif est capable d'absorber (*b*).

Edwards et Balzac, *Recherches expérimentales sur l'emploi de la gélatine comme sub-mentaire* (*Archives générales de médecine*, 1835, 2ᵉ série, t. VII, p. 272, et *Ann. des* 831, t. XXVI, p. 318).
off and Voit, *Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers*, 1860, p. 215 et suiv.

de lait et la stéarine renferment à peu près la même quantité d'hydrogène pour une quantité donnée de carbone : mais, dans le sucre de lait, il existe autant d'équivalents d'oxygène qu'il y a d'équivalents d'hydrogène, et par conséquent cette substance ne joue le rôle de combustible qu'à raison de son carbone; tandis que dans la stéarine on trouve pour chaque équivalent d'oxygène près de 9 équivalents d'hydrogène. La stéarine est par conséquent une substance dont la valeur, comme combustible, est plus grande que celle du sucre (1).

Détermination des principes immédiats.

Du reste, pour bien juger de la valeur nutritive des aliments par l'étude de leur composition chimique, il ne faut pas se contenter des résultats fournis par l'analyse élémentaire, et il est nécessaire de déterminer les proportions suivant lesquelles les différents groupes de principes immédiats s'y trouvent associés. En effet, il faut pouvoir se rendre compte de la quantité des matières albuminoïdes, des substances sucrées ou transformables en sucre (2), et des corps gras que l'aliment

(1) En effet, la composition élémentaire du sucre de lait est représentée par $C^{24}H^{24}O^{24}$, et celle de la stéarine par $C^{71}H^{70}O^{8}$. Un certain poids de sucre de lait qui, en brûlant, donnerait naissance à 71 équivalents d'acide carbonique, fixerait 62 équivalents d'oxygène sur l'hydrogène contenu dans cette substance : total, 133 d'oxygène ; tandis que la quantité de sucre de lait qui, en s'oxydant, donnerait naissance à un même poids d'acide carbonique, ne fixerait nécessairement, pour la constitution de ce produit, en tout que les 71 équivalents d'oxygène, la totalité de son hydrogène étant déjà associée à de l'oxygène en proportion voulue pour constituer de l'eau.

Des considérations de cet ordre ont conduit MM. Lawes et Gilbert à regarder les graisses mixtes qui se trouvent dans le corps des Animaux de boucherie comme des combustibles physiologiques dont la valeur égale celle de deux fois et demie leur poids de matière amylacée (*a*).

(2) Nous avons vu précédemment que les substances amylacées sont transformées en glucose par l'action des sucs digestifs, et par conséquent on doit considérer ces matières comme ayant la même valeur nutritive que le sucre. C'est, du reste, ce qui a

(*a*) Lawes and Gilbert, *Experimental Inquiry into the Composition of the Animals fed and slaughtered as Human food* (*Philos. Trans.*, 1858, p. 561).

renferme (1); il est bon de doser aussi les matières salines, mais en général cela n'est pas nécessaire pour les évaluations approximatives dont on a besoin, soit dans les recherches physiologiques, soit dans les calculs agronomiques; aussi la plupart des chimistes qui ont dressé des tables de ce genre se sont-ils bornés à indiquer les quantités d'eau, d'azote, de carbone et de matières grasses que contient un poids donné des divers aliments dont ils parlent.

Comme exemple de ces documents, dont les physiologistes ont souvent besoin, je citerai ici la partie principale du tableau donné par M. Payen dans un ouvrage consacré spécialement à l'histoire des substances alimentaires. Je suppose que la quantité de chaque aliment nommé soit égale à 100 grammes, et j'ajouterai que, pour évaluer approximativement la quantité de matières albuminoïdes qu'ils contiennent, il suffit de multiplier par 6,5 le poids de l'azote obtenu.

été constaté expérimentalement par MM. Lawes et Gilbert. En employant comparativement l'amidon et le sucre de canne pour l'alimentation des Porcs, ces agronomes ont vu que pour des poids égaux de ces matières supposées à l'état sec, il y avait égalité dans l'accroissement du poids du corps (*a*).

(1) M. Way a fait une série de recherches sur les proportions d'eau, de substances azotées et de matières grasses contenues dans diverses espèces d'herbages employées pour l'alimentation des bestiaux en Angleterre. La quantité d'eau varia entre 57 et 87 pour 100; la proportion de principes albuminoïdes était en général de 3 à 4 pour 100, mais dans quelques cas elle tomba à 2 pour 100, et dans d'autres elle s'éleva jusqu'à 10,9 pour 100; celle des matières grasses varia entre 1,50 et 0,52; celle des matières amylacées ou sucrées varia entre 3,98 et 22,6; enfin, le dosage des matières minérales donne de 0,52 à 4,17 pour 100. Dans une autre série d'expériences, M. Way détermina la proportion d'azote contenue dans ces mêmes fourrages (*b*).

(*a*) Lawes and Gilbert, *On the Equivalency of Starch and Sugar in food* (*Report of the 24th meeting of the British Association held in* 1854, p. 421).

(*b*) Way, *On the relative Nutritive and Fattening Properties of different natural and artificial Grasses* (*Journal of the R. Agricultural Soc. of England*, 1853, t. XIV, p. 171).

NOMS DES ALIMENTS.	AZOTE.	CARBONE	GRAISSE.	EAU.
	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.
Viande (sans os)	3	11	2	78,50
Œufs (blanc et jaune ensemble).	1,90	12,50	7	80
Lait de Vache.	0,66	7	3,70	86,50
Lait de Chèvre.	0,69	7,60	4,10	83,60
Fromage de Brie.	2,25	24,60	5,56	58
Fromage de Gruyère.	5	36	24	40
Chocolat	1,52	48	26	8
Fèves.	4,50	40	2,10	15
Haricots	3,88	41	2,80	12
Lentilles	3,75	40	2,65	12
Pois	3,50	41	2,10	10
Blé dur du Midi	3	10	2,10	12
Blé tendre	1,81	39	1,75	14
Farine blanche de Paris	1,64	39	1,80	14
Farine de seigle	1,75	41	2,25	15
Orge d'hiver, ou escourgeon. .	1,90	40	2,20	13
Maïs.	1,70	44	8,80	12
Sarrasin	1,95	40	2	12
Riz.	1,08	43	0,80	13
Gruau d'avoine.	1,95	41	6,10	13
Pain blanc de Paris.	1,08	29,50	1,20	36
Pain de munition (nouveau) . .	1,20	30	1,50	35
Pain de farine de blé dur. . . .	2,20	31	1,70	37
Châtaignes ordinaires.	0,64	35	4,40	26
Châtaignes sèches.	1,04	48	6	10
Pommes de terre.	0,24	10	0,10	74
Carottes.	0,31	5,50	0,15	88
Figues fraîches.	0,41	15,50	0,00	66
Figues sèches.	0,92	34	0,00	25
Pruneaux.	0,73	28	0,00	26
Lard.	1,18	61,14	71	20
Beurre ordinaire (frais).	0,64	67	82	14
Huile d'olive.	0,00	77	86	2

Je dois ajouter que les nombres désignés dans le tableau ne sont pas rigoureusement applicables à toutes les variétés de grains ou de légumineuses d'une même espèce, car la composition de ces plantes est sujette à quelques variations suivant les conditions dans lesquelles la culture en a été faite; mais ici nous n'avons besoin que d'approximations. Quant à la proportion du soufre et des autres matières inorganiques contenues dans les aliments, les différences sont si faibles, qu'il est rarement nécessaire d'en tenir compte dans l'évaluation de la valeur nutri-

tive des rations. Du reste, le dosage en a été fait par divers chimistes (1).

Il est également à noter que, dans un grand nombre de substances alimentaires employées par les agriculteurs pour la nourriture des animaux de ferme, il existe, en proportions plus ou moins fortes, des matières organiques qui, d'ordinaire, ne sont digérées que d'une manière incomplète, et sont évacuées

(1) Voici, par exemple, les résultats obtenus d'une longue série d'analyses faites par M. Horsford (*a*).

MATIÈRES ANALYSÉES.	AZOTE.	SOUFRE.	CENDRES.	MATIÈRES ALBUMINEUSES calculées.	PRINCIPES AZOTÉS non calculés.	EAU de l'aliment frais.
Farine de froment de Vienne, n° 1	3,00	0,23	0,70	19,16	79,77	13,85
Farine de froment de Vienne, n° 2	2,12	0,15	0,66	13,54	85,37	13,65
Farine de froment de Vienne, n° 3	3,44	0,25	1,10	21,97	78,03	12,73
Froment de Talavera, de Hohenheim	2,59	0,18	2,80	16,54	80,78	15.43
Froment de Whillington, de Hohenheim	2,68	0,19	3,13	17,11	78,58	13,93
Froment de Sandomir, de Hohenheim	2,69	0,19	2,40	17,18	78,89	15,48
Farine de seigle de Vienne, n° 1	1,87	0,13	1,33	11,94	85,65	13,78
Farine de seigle de Vienne, n° 2	2,93	0,21	1,07	18,71	78,97	14.68
Seigle (*Staudenrogen*) de Hohenheim	2,78	0,15	0,86	17.75	80,86	13,94
Seigle (*Schilfrogen*) de Hohenheim	2,47	0,18	2,37	15,77	82,67	13,82
Polenta de Vienne	2,14	0,15	0,86	13,66	84,90	13,36
Maïs de Hohenheim	2,30	0,16	1,92	14,68	84,52	14,96
Avoine de Giessen	2.07	0,15	2,01	13,22	84,52	14,40
Orge de Hohenheim	2,31	0,16	2,84	14,74	84,80	16,79
Orge d'hiver de Hohenheim	2,79	0,20	5,52	17,81	80,64	13,80
Avoine du Kamtchatka, de Hohenheim	2,39	0,17	3,26	15,26	86,05	12,71
Avoine blanche de Hohenheim	2,82	0,20	4,14	18,00	83,08	12,94
Riz ordinaire	1,16	0,08	0,36	7,40	91,60	15.14
Farine de sarrasin de Vienne	1,08	0.07	1,09	6,89	91,52	15,12
Sarrasin tartare de Hohenheim	1,56	0,11	2,30	9,96	90,38	14,19
Pois verts de Vienne	4,42	0,14	3,18	28,02	67,31	13,43
Pois de Giessen	4,57	0,14	2,79	29,18	66,22	19,50
Haricots de Vienne	4,47	0,14	4,38	28,54	66,70	13,41
Fèves	4,59	0,14	4,01	29,31	66,17	15,80
Lentilles	4,77	0,15	2,60	30,46	65,06	13,01
Pommes de terre blanches	1,56	0,11	3,71	9,96	80,36	74,95
Pommes de terre violettes	1,20	0,08	3,36	7,66	88,20	68,94
Carottes	1,67	0,12	5,77	10,66	84,59	86,10
Betteraves	2.43	0,17	6,43	15,50	73,18	81,61
Radis	1,81	0,13	5,02	11,56	78,49	82,25
Turneps jaunes	1,45	0,10	4,01	9,25	90,32	83,28
Choux	1,78	0,14	7,02	12,64	81.33	87,78
Oignons	1,18	»	8,53	7,53	»	93,78

(*a*) Horsford, *Ueber den Werth verschiedener vegetabilischer Nahrungsmittel, hergeleitet aus ihrem Stickstoffgehalt* (*Ann. der Chemie und Pharm.*, 1848, t. LVIII, p. 166).

au dehors sans avoir servi à l'entretien de l'organisme. Il est donc utile de connaître la quantité de matières réellement utilisables que ces aliments renferment, et dans cette vue on peut consulter avec avantage les analyses dans lesquelles on a dosé la quantité de principes amylacés contenus dans ces corps (1). Pour montrer l'étendue des différences qui peuvent exister à cet égard entre diverses substances alimentaires dont on fait souvent usage pour la nourriture de nos Animaux domestiques, il me suffira de citer ici un petit nombre d'exemples. Ainsi les

(1) Dans les analyses élémentaires ordinaires des substances alimentaires végétales, on dose en bloc la totalité du carbone provenant de la cellulose, de la cire et d'autres matières plus ou moins indigestes, aussi bien que celui fourni par les principes amylacés ou sucrés. Dans les analyses dont les résultats ont été consignés dans le tableau suivant, M. Kroker a déterminé la proportion de ces dernières substances carbo-hydrogénées digestibles qui se trouvent dans 100 parties de matières sèches (*a*).

	NUMÉRO 1.	NUMÉRO 2.
Amidon de haricots pur	99,96	»
Farine de froment, n° 1	65,21	66,16
Farine de froment, n° 2	66,93	67,42
Farine de froment, n° 3	57,70	57,21
Froment de Talavera	55,92	56,59
Farine de seigle, n° 1	61,26	60,56
Farine de seigle, n° 2	54,88	54,12
Farine de seigle, n° 3	57,07	57,77
Seigle (*Staudenrogen*)	44,39	44,80
Seigle (*Schilfrogen*)	47,71	47,13
Avoine des prairies	37,93	36,90
Avoine du Kamtchatka	39,55	40,17
Farine d'orge	64,63	64,18
Orge	38,62	37,99
Orge de Jérusalem	42,66	42,03
Farine de sarrasin	»	»
Sarrasin	»	»
Farine de maïs	77,74	»
Maïs	65,88	66,80
Épeautre	55,51	53,76
Riz	85,76	86,63
Fèves	37,71	37,79
Pois	38,81	38,70
Lentilles	39,62	40,08

(*a*) Krocker, *Bestimmung des Stärkmehlgehaltes in vegetabilischen Nahrungsmitteln.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1848, t. LVIII, p. 212).

agronomes évaluent à 300 grammes la quantité de substances indigestes contenue dans 1 kilogramme de paille d'avoine; à 220 la quantité des mêmes matières contenue dans le même poids de luzerne sèche; à 17 grammes le résidu digestif de 1 kilogramme de feuilles de betteraves, et à 4 grammes seulement ce même résidu laissé par la digestion de 1 kilogramme de pommes de terre jaunes. En général, ces différences dépendent principalement du degré d'agrégation moléculaire des tissus, et le déchet nutritif est d'autant moindre, que la proportion d'eau contenue dans la substance végétale est plus élevée. Mais on ne peut pas toujours juger de la digestibilité de ces aliments par des considérations de cet ordre; car la Betterave à sucre, par exemple, contient plus d'eau que les pommes de terre dont je viens de parler, et cependant elle fournit six fois plus de matières indigestes (1).

(1) M. Allibert, professeur à l'école d'agriculture de Grignon, en traitant des rations équivalentes pour l'alimentation des Animaux domestiques, a donné un tableau dans lequel toutes ces indications se trouvent réunies. L'intérêt qui s'attache aux connaissances de cet ordre me détermine à reproduire ici ce document.

Tableau de la composition des aliments (pour 1 kilogramme).

NOMS des ALIMENTS.	SUBSTANCES ALBUMINEUSES.	CARBONE DISPONIBLE des albuminoïdes.	GLYCOSITES.	CARBONE DES GLYCOSITES.	SUBSTANCES GRASSES.	CARBONE des substances grasses.	TOTAL du carbone disponible.	RAPPORT du carbone albumin. au carbone respirat.	EAU.	SUBSTANCES INDIGESTES.	ÉQUIVALENT d'après l'azote contenu.
Grains et graines.	Gr.	Gram.	Gr.	Gr.	Gram.	Gram.	Gram		Gr.	Gr.	Gram
Avoine	119	43	615	258	55	44	345	::1:7	140	41	61
Blé poulard	150	56	656	276	10	8	340	5,1	144	15	46
Blé rouge	123	44	676	284	15	12	340	6,7	145	21	58
Blé corné	136	49	657	276	20	16	341	6	148	23	53
Orge d'hiver	134	48	637	267	28	22	337	6	130	26	54
Seigle	125	45	662	278	20	16	339	6,5	140	33	58
Sarrasin	131	47	640	269	39	31	347	6.4	130	35	58
Maïs d'Alsace	125	45	619	260	70	56	361	7	170	15	58
Riz	75	21	760	320	5	4	345	15	146	9	96
Millet	206	74	578	243	30	24	341	3,6	140	24	35

Différences entre les matières isomériques.

§ 2. — Du reste, l'utilité physiologique des aliments ne dépend pas seulement de leur composition chimique ; elle est subordonnée aussi à leur mode d'arrangement moléculaire et à leur degré d'absorbabilité.

L'influence exercée par le mode de groupement des atomes constitutifs d'un corps sur sa valeur nutritive a été mise en lumière de la manière la plus évidente par les recherches expérimentales de M. Pasteur, relatives aux différentes variétés de l'acide tartrique. En effet, ce chimiste habile a constaté que

NOMS des ALIMENTS.	SUBSTANCES ALBUMINEUSES.	CARBONE DISPONIBLE des albuminoïdes.	GLYCOSITES.	CARBONE DES GLYCOSITES.	SUBSTANCES GRASSES.	CARBONE des substances grasses.	TOTAL du carbone disponible.	RAPPORT du carbone albumin. au carbone respirat.	EAU.	SUBSTANCES INDIGESTES.	ÉQUIVALENT d'après l'azote contenu.
	Gr.	Gram	Gr.	Gr.	Gram.	Gram.	Gram		Gr.	Gr.	Gram
Sorgho	106	38	616	259	64	49	346	: : 1 : 8	132	51	67
Haricots blancs	269	97	488	205	30	24	326	2,36	150	28	27
Pois jaunes	239	86	596	250	20	16	352	3,1	89	36	30
Pois de Clamart	238	85	557	234	16	13	332	2,9	155	26	30
Fève de marais	244	87	515	216	15	12	315	2,6	160	30	29
Féverolles	319	114	477	200	20	16	330	1,9	125	29	23
Lentilles	250	90	557	234	25	20	344	2,8	125	21	29
Vesce	273	98	489	205	27	22	325	2,3	146	35	26
Glands verts	20	72	342	144	23	18	234	2,25	560	45	359
Graine de lin	205	74	190	80	390	312	464	5,3	123	32	35
Graine de chanvre	163	59	236	99	336	269	427	6,2	122	121	44
Graine de pavot	175	63	137	58	410	328	449	6,1	147	61	41
Faines mondées	85	30	34	14	265	212	256	7,2	310	270	85
Tourteaux.											
Tourteaux de lin	327	111	332	139	60	48	298	1,08	134	51	22
Tourteaux de pavot	335	124	308	129	84	67	317	1,6	68	117	21
Tourteaux d'œillette	378	136	233	139	101	81	356	1,6	117	111	19
Tourteaux de colza	307	110	325	136	100	80	326	2	105	94	23
Tourteaux de chènevis	263	95	388	153	60	48	296	2,1	53	20	27
Tourteaux de noix	328	118	456	194	90	72	384	2,2	60	34	22
Tourteaux de faines	168	60	64	27	10	8	95	0,6	100	506	43
Tourteaux de sésame	424	153	163	68	82	66	287	0,9	100	50	17
Marc de raisin distillé	37	13	157	66	17	14	93	6	726	41	195
Pain de cretons	743	267	»	»	130	104	371	0,4	65	»	10
Foins.											
Foin de pré naturel	72	26	444	186	38	30	242	8,3	130	244	100
Regain de pré naturel	124	45	405	170	35	28	243	4,4	141	215	58
Luzerne sèche	120	43	418	176	35	28	257	4,7	150	220	60
Luzerne en vert	28	10	96	40	8	6	54	4,6	804	51	256
Trèfle fané	106	38	392	163	32	26	229	5	200	220	54
Trèfle en vert	27	10	83	35	8	6	51	4	824	42	267

les êtres organisés qui déterminent la fermentation alcoolique détruisent l'acide tartrique ordinaire, lequel est pour eux une sorte d'aliment, mais qu'ils sont inaptes à agir de la même manière sur la variété du même composé appelée acide tartrique gauche; et cependant cette dernière substance ne diffère de la précédente que par le mode de groupement dyssymétrique de ses molécules constitutives (1).

NOMS des ALIMENTS.	SUBSTANCES ALBUMINEUSES.	CARBONE DISPONIBLE des albuminoïdes.	GLYCOSITES.	CARBONE DES GLYCOSITES.	SUBSTANCES GRASSES.	CARBONE des substances grasses.	TOTAL du carbone disponible.	RAPPORT du carbone albumin. au carbone respirat.	EAU.	SUBSTANCES INDIGESTES.	ÉQUIVALENT d'après l'azote contenu.
Pailles.	Gr.	Gram	Gr.	Gr.	Gram.	Gra	Gram		Gr	Gr.	Gram
Paille de froment (nouv.)	19	7	359	150	22	17	174	: : 1 : 24	260	280	385
Paille de seigle.	15	5	430	181	15	12	198	38	186	324	479
Paille d'avoine	19	7	384	161	51	41	209	30	210	300	383
Paille d'orge d'hiver	19	7	438	184	17	14	205	28	142	344	383
Balles de froment (menue paille).	52	19	523	220	14	11	250	12	115	203	139
Feuilles et fanes vertes.											
Feuilles de betteraves	26	9	30	13	6	5	27	2	907	17	274
Feuilles de carottes.	32	12	70	29	10	8	49	3	822	30	221
Feuilles de vigne (pampres) . . .	59	21	106	43	23	18	82	3	747	45	121
Fanes de topinambour	33	12	98	41	8	6	60	4	800	34	217
Feuilles de maïs	62	22	136	57	9	7	86	3	720	52	115
Racines et tubercules.											
Betteraves à sucre	28	9	116	49	0,10	8	66	6.3	820	25	256
Carottes blanches.	15	5	109	46	1,7	1.4	53	9,6	860	8	479
Panais.	16	6	82	34	2	1,6	42	6	883	10	460
Navets blancs.	8	3	57	24	2	1,6	29	9	920	3	884
Navets jaunes.	19	7	115	48	2	1,6	57	7	850	5	383
Navets turneps	16	6	108	45	1,5	1.2	53	7,7	861	4	460
Rutabagas.	11	4	70	29	0,5	0,4	33	7	910	3	676
Pommes de terre jaunes	25	9	202	85	2	1,6	96	9,7	759	4	287
Pommes de terre rouges.	31	11	252	106	2	1,6	119	10	700	6	230
Topinambour	21	8	161	68	3	2	78	9	792	12	348
Choux pommés.	23	8	53	22	9	7	37	4	901	6	311
Potirons (citrouilles)	13	5	27	11	0,5	0,4	16	2	915	10	548
Pommes à cidre.	10	4	125	53	0,5	0,4	58	13	836	28	718

(1) M. Pasteur a montré qu'il existe quatre variétés d'acide tartrique, dont l'une, l'acide tartrique ordinaire, qui tourne à droite la lumière polarisée; une seconde qui tourne cette lumière à gauche; une troisième, appelée acide racémique, qui se compose d'une molécule de chacun des corps précédents, et une quatrième variété qui, sans être composée de la sorte, est inactive sur

Peut-être faudrait-il rapporter à quelque circonstance de même ordre la différence que Magendie a constatée entre la valeur alimentaire des os crus ou cuits pour la nutrition des chiens. Ce physiologiste a trouvé que les Animaux dont la ration journalière se composait d'eau et de parenchyme des os dépouillé des matières calcaires par l'action d'un acide ou modifié par la cuisson, s'affaiblissaient rapidement, et mouraient d'inanition, tandis que ceux qu'il nourrissait avec des os crus ont vécu pendant plus de trois mois, sans éprouver ni perte de poids, ni trouble dans leur santé (1).

Influence des propriétés osmotiques.

§ 3. — Les propriétés osmotiques des corps influent beaucoup sur le rôle que ces substances sont susceptibles de remplir dans la nutrition des Animaux, et l'analyse élémentaire est insuffisante pour nous éclairer sur ce genre de propriétés physico-chimiques. Ainsi la gomme arabique desséchée à une température de 100 degrés présente la même composition chimique que le sucre ; dans l'une et l'autre de ces substances on trouve 12 équivalents de carbone unis aux éléments de 11 équivalents d'eau ; mais, ainsi que nous l'avons vu précédemment, le sucre

la lumière polarisée. Or, en soumettant de l'acide racémique à l'action de la levûre de bière, cet expérimentateur a trouvé que la fermentation s'établit aux dépens de l'acide tartrique droit (ou ordinaire) contenu dans cette substance, et la transforme, mais que l'acide tartrique gauche ainsi mis en liberté reste intact. Le caractère de dyssymétrie moléculaire qui établit la différence entre ces deux acides, et qui est propre aux matières organiques, modifie donc les affinités chimiques de ce composé, et fait que l'un peut être utilisé par les êtres microscopiques en question, tandis que l'autre ne le peut pas, bien que la composition chimique des deux corps soit identique (a).

(1) Dans ces recherches, les os avaient été dépouillés préalablement des parties molles environnantes et d'une portion de leur graisse ; mais je dois ajouter que les expériences en question ne me paraissent pas avoir été faites d'une manière aussi comparative qu'on aurait pu le désirer, et elles ne m'inspirent que peu de confiance (b).

(a) Pasteur, *Mémoire sur la fermentation de l'acide tartrique* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1858, t. XLVI, p. 615).

(b) Magendie, *Rapport sur la gélatine, etc.* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1841, t. XIII, p. 269).

en dissolution traverse facilement les membranes animales, tandis que la gomme est peu diffusible et ne passe qu'avec une lenteur extrême dans la substance de ces tissus organiques (1). Il est aussi à noter que les sucs digestifs paraissent être impuissants à transformer la gomme en sucre (2), et, d'après cet ensemble de faits, nous pouvons prévoir que l'absorption de cette substance par les parois de l'intestin ne saurait être rapide ; par conséquent aussi, que sa valeur nutritive, comparée à celle du sucre, ne peut être que très-faible. Effectivement il en est ainsi. Les expériences directes faites par Tiedemann et Gmelin, M. Boussingault et quelques autres physiologistes, montrent que la gomme ne peut contribuer notablement à la nutrition des Animaux (3).

(1) Voyez tome V, page 38 et suivantes.

(2) M. Blondlot a trouvé que de la gomme soumise pendant plus de vingt-quatre heures à l'action d'un suc gastrique très-actif s'y était dissoute sans avoir éprouvé aucun changement dans ses propriétés chimiques (*a*). M. Frerich a obtenu le même résultat en faisant agir sur cette substance, pendant quarante-huit heures, soit du suc gastrique, soit de la salive ou du suc pancréatique (*b*), et M. Lehmann a vu que non-seulement la gomme restait inaltérée en présence de la salive ou du suc pancréatique, mais qu'elle retardait l'action transformatrice que ces substances exercent sur l'amidon (*c*).

(3) Tiedemann et Gmelin soumirent une Oie au régime exclusif de la gomme, et ils retrouvèrent cette substance inaltérée dans les excréments. Enfin l'Animal mourut d'inanition au bout de seize jours, après avoir perdu environ 1/9e de son poids initial (*d*).

L'indigestibilité de la gomme est mise aussi en évidence par une des expériences de M. Boussingault. Il fit avaler à un Canard 50 grammes de cette substance, et au bout de neuf heures il en avait déjà retrouvé 46 grammes dans les excréments (*e*). Enfin, M. Lehmann injecta pendant plusieurs jours de suite, dans l'estomac d'un Lapin, 10 grammes de gomme en dissolution dans 90 grammes d'eau, et il ne put découvrir aucune trace de cette substance, ni dans l'urine, pendant la vie de l'Animal, ni dans, le chyle ou dans le sang après qu'on l'eut tué (*f*).

(*a*) Blondlot, *Traité analytique de la digestion*, 1843, p. 298.

(*b*) Frerich, *Verdauung* (Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie*, 1846, t. III, p. 406).

(*c*) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, t. III, p. 239.

(*d*) Tiedemann et Gmelin, *Recherches expérimentales sur la digestion*, t. II, p. 213.

(*e*) Boussingault, *Expériences statiques sur la digestion* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, 1846, t. XVIII, p. 461).

(*f*) Lehmann, *loc. cit.*, p. 240.

Rapports entre la consommation physiologique et le degré d'absorbabilité des divers aliments.

Des considérations de même ordre nous permettront aussi de saisir la cause d'une autre particularité de l'histoire physiologique de l'alimentation.

J'ai déjà eu l'occasion de dire que l'Homme, et les Animaux qui se rapprochent le plus de lui par leur organisation, ne peuvent vivre longtemps d'un seul principe immédiat organique, quelque nutritif que soit ce corps ; qu'il leur faut des aliments complexes, et qu'en général la variété dans le régime est même une condition de bonne sustentation. Cela ne dépend pas tant de l'insuffisance de ces matières comme source des matériaux dont l'assimilation est nécessaire, que des limites de la puissance digestive, ou du pouvoir absorbant des parois de la cavité alimentaire pour une même substance, et de l'aptitude de l'organisme à recevoir en même temps des matières diverses comme si celles-ci étaient seules.

Ainsi, dans une série d'expériences très-intéressantes faites par M. Boussingault sur la digestion chez le Canard, nous voyons que la quantité d'albumine que l'Animal était susceptible d'absorber n'était en moyenne que d'environ 1^{gr},26 seulement par heure. Gavé avec de la gélatine seulement, il en absorbait pendant le même espace de temps environ 4^{gr},40 ; enfin, nourri avec un mélange de ces deux substances, il absorbait par heure 1 gramme d'albumine et environ 4^{gr},26 de gélatine, c'est-à-dire presque autant de chacune d'elles que si elles avaient été ingérées dans l'estomac isolément. Or, 1^{gr},26 d'albumine sèche ne renferme qu'environ 0^{gr},68 de carbone, et le Canard consomme par heure à peu près 1^{gr},25 de ce principe combustible. L'albumine seule est donc pour lui un aliment insuffisant ; mais, associée à de la gélatine, elle constitue une ration qui peut répondre aux besoins physiologiques dépendants de la combustion respiratoire. La quantité de fibrine que les Canards peuvent digérer en un temps donné est également insuffisante pour introduire dans le tor-

rent de la circulation la quantité de carbone correspondante à celle que le travail respiratoire élimine de l'organisme pendant le même espace de temps, et par conséquent les Animaux de cette espèce soumis à un régime composé de fibrine seulement seraient réduits à brûler une partie de leur propre substance, perdraient de leur poids, et finiraient par mourir d'inanition (1); mais nourris avec de la viande, c'est-à-dire avec un aliment complexe qui contient de la graisse, de l'albumine et d'autres principes assimilables associés à de la fibrine, ces Oiseaux peuvent subvenir à tous les besoins de la combustion physiologique, car la quantité de carbone qu'ils absorbent alors peut dépasser celle qui est contenue dans l'acide carbonique qu'ils exhalent.

Il résulte également de ces expériences, que l'absorption des matières grasses par les parois du tube digestif est trop lente chez les Canards pour que la quantité de carbone fourni de la sorte à l'organisme puisse suffire à alimenter la combustion respiratoire, et par conséquent, lors même que des principes azotés ne seraient pas nécessaires pour constituer la ration d'entretien de ces Animaux, les corps gras ne pourraient suffire pour les nourrir.

Les résultats numériques que je viens de présenter ne sont

(1) Dans ces expériences, un Canard fut nourri avec du bœuf bouilli, séparé de la graisse et réduit à l'état de fibrine presque pure par des lavages convenables. La quantité digérée et absorbée en treize heures et demie s'éleva à 24gr,19, ce qui donne par heure 1gr,78. Or, ce dernier poids de fibrine ne fournit pas 1 gramme de carbone, tandis que la respiration en élimine de l'organisme au moins 1gr,25 par heure (a).

Il est aussi à noter que dans les expériences de Magendie, des Chiens nourris avec de la fibrine seulement en consommèrent beaucoup, mais néanmoins présentèrent tous les signes d'une alimentation insuffisante, et l'un de ces Animaux mourut d'inanition au bout de deux mois (b).

(a) Boussingault, *Expériences statiques sur la digestion* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, 1846, t. XVIII, p. 473).

(b) Magendie, *Rapport sur la gélatine* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1841, t. XIII, p. 272).

évidemment applicables qu'aux cas particuliers qui les ont fournis, et de ce que les Canards ne sauraient vivre de fibrine ou d'albumine seulement, il ne faudrait pas conclure qu'il n'existe pas d'autres Animaux pour lesquels l'une ou l'autre de ces substances serait un aliment suffisant. Mais les faits que nous venons de passer en revue n'en ont pas moins une grande portée, car ils nous montrent que l'efficacité de toute ration alimentaire est subordonnée à trois choses : à la composition chimique des substances dont elle est formée ; à la rapidité plus ou moins grande avec laquelle l'absorption s'en effectue, et à la grandeur des besoins nutritifs de l'animal. Ainsi, on conçoit facilement que si un être animé qui posséderait la même puissance digestive que le Canard, respirait d'une manière beaucoup moins active, il pourrait entretenir la combustion physiologique dont il serait le siége à l'aide du carbone introduit dans son organisme par l'albumine ou par la fibrine dont il se sustenterait ; et que la variété dans le régime doit être d'autant plus grande, que la puissance absorbante de l'appareil digestif sera plus petite relativement à l'intensité de la combustion respiratoire et des autres phénomènes du travail nutritif.

§ 4. — Pour constituer, sans emploi superflu de matière alimentaire, la ration d'entretien d'un Animal, il faut évidemment que la quantité de substance nutritive qu'il en peut tirer journellement porte dans le torrent de la circulation, sous une forme assimilable, une quantité de carbone, d'hydrogène et d'azote correspondante à celle de chacun de ces éléments chimiques qui entrent dans la composition de l'acide carbonique exhalé en vingt-quatre heures, et dans l'urée ou les autres matières excrémentitielles dont la production est une conséquence nécessaire du travail nutritif. La composition de cette ration doit donc dépendre en partie du rapport qui existe entre le degré d'activité de la combustion respiratoire qui détermine la formation de cet acide carbonique et la grandeur des phénomènes

chimiques qui amènent la transformation des principes organiques azotés en produits urinaires. Si l'emploi nécessaire de ces dernières substances est restreint et la combustion physiologique de carbone très-active, les aliments hydro-carbonés, tels que la fécule, le sucre ou les graisses doivent être en proportion considérable relativement aux aliments albuminoïdes; car la portion de ceux-ci qui ne serait pas employée dans l'organisme pour réparer les pertes occasionnées par la production nécessaire d'urée ou d'autres principes de même ordre, et qui ne servirait qu'à donner du carbone ou de l'hydrogène, introduirait inutilement dans l'économie un excédant d'azote, et son absorption occasionnerait une dépense superflue des forces digestives. En composant la ration d'après ces principes, il y aura donc économie pour la consommation alimentaire et allégement pour le travail digestif. Mais ces avantages ne sont pas les seuls qui pourront résulter d'un régime mixte, comparé à un régime exclusivement albuminoïde. Si la combustion respiratoire nécessite l'introduction de beaucoup de carbone, et si la puissance élémentaire de l'appareil urinaire n'est pas très-grande, l'alimentation de cette combustion au moyen de matières albuminoïdes pourra amener la production de produits urinaires, tels que l'acide urique, en quantitét trop considérable pour que l'organisme puisse s'en débarrasser en temps utile, et il pourra en résulter une accumulation de ces matières dans l'intérieur de l'économie, ainsi que cela se voit souvent dans certains états pathologiques, tels que la goutte (1). Or, l'observation nous

Utilité des rations complexes

(1) Nous avons déjà eu l'occasion de voir que dans les affections de ce genre le sang est parfois très-chargé de matières urinaires (*a*), et que l'emploi d'une nourriture trop azotée peut déterminer la formation de graviers dans les reins (*b*). Les concrétions arthritiques sont en général formées aussi en grande partie par des urates (*c*).

(*a*) Voyez tome I, page 200.
(*b*) Voyez tome VII, page 476.
(*c*) Voyez Lhéritier, *Traité de chimie pathologique*, p. 694. — Simon, *Animal Chemistry*, t. II, p. 477.

a depuis longtemps appris que les affections de ce genre se déclarent le plus souvent chez des personnes qui se livrent trop aux plaisirs de la table. Les médecins savent aussi que, pour combattre ces maladies, il suffit parfois de substituer à l'emploi des viandes succulentes un régime végétal.

Ainsi, supposons un Animal qui, en remplissant normalement le travail nutritif nécessaire au maintien de l'état stationnaire de son organisme, produira par jour 800 grammes d'acide carbonique et 20 grammes d'urée ou d'autres matières urinaires analogues. S'il se nourrissait de fibrine ou de caséine seulement, il lui faudrait pour sa ration quotidienne environ 375 grammes de ces substances, car la fibrine, de même que la caséine, ne renferme que 55 pour 100 de carbone environ; mais ce poids de fibrine portera dans l'économie 60 grammes d'azote, tandis que pour remplacer la quantité d'azote excrétée normalement par les voies urinaires, il suffirait de 40 grammes de ce même élément. Si, au contraire, sa ration se compose de 25 grammes de fibrine et de 250 grammes de matières grasses, il pourra satisfaire aux mêmes besoins en n'employant chaque jour que 275 grammes d'aliments.

Ration alimentaire de l'Homme.

§ 5. — C'est en examinant à ce point de vue les substances complexes dont l'Homme fait sa nourriture ordinaire, ou dont il se sert pour sustenter les Animaux placés dans sa dépendance, que nous pouvons juger de la part qui doit être attribuée à chacune d'elles dans la composition des rations destinées à ces usages.

Ainsi le pain, qui constitue la base principale de la nourriture d'une grande partie de la population en France, renferme des principes amylacés associés à des matières azotées et mêlés à des sels inorganiques et à beaucoup d'eau. Sa composition varie un peu suivant celle du blé dont on s'est servi pour le faire, et suivant la manière dont la mouture de ce grain a été prati-

quée (1). Celui qui est généralement employé à Paris contient, pour 100 parties en poids :

33 parties d'eau.
56,7 parties de matières amylacées, principalement de l'amidon et de la dextrine.
1,3 partie de substances grasses.
7 parties de substances azotées, telles que glutine, fibrine, caséine et albumine, que l'on confond communément sous le nom de *gluten*.
2 parties de phosphates de chaux et de magnésie, chlorure de sodium et autres substances minérales.

(1) Considérées sous le rapport alimentaire, les nombreuses variétés de froments diffèrent entre elles principalement par la proportion des matières azotées contenues dans le grain, et, à raison de ces différences, on les divise en trois catégories, savoir : les blés durs, les blés demi-durs et les blés tendres. Les blés durs sont les plus riches en gluten ou principes albuminoïdes, dont la proportion s'élève en général à près de 20 pour 100 ou même davantage (22,7 dans le blé de Venezuela). Les blés demi-durs n'en renferment qu'environ 16 pour 100, et les blés tendres n'en ont qu'à peu près 12 pour 100 (*a*).

La mouture a pour objet la séparation plus ou moins complète des téguments de la graine, dont les débris constituent le *son*, et du périsperme qui renferme la fécule, et qui, resté entier ou faiblement divisé, prend le nom de *gruau*, tandis que broyé d'une manière plus complète, il prend la forme de farine. Le son est coloré et contient beaucoup de cellulose (environ 4 centièmes), et plus de matières grasses que le périsperme ; enfin, les principes albuminoïdes qu'il renferme n'ont pas les mêmes propriétés que celles de la partie profonde du grain, qui est blanche et beaucoup plus riche en gluten souple et élastique. Il en résulte que, suivant que le blutage ou le procédé de mouture employé enlève le son plus ou moins complétement, la farine est plus ou moins blanche, et apte à donner par le pétrissage avec de l'eau une pâte susceptible de bien lever. La coloration du pain bis est généralement attribuée au son, mais elle dépend principalement de l'action exercée sur le gluten par une matière particulière, appelée *céréaline*, qui se trouve à la surface du périsperme, en contact avec le tégument de la graine (*b*).

La farine des boulangers de Paris contient :

	Gram.
Eau	10,0
Gluten	10,2
Amidon	72,8
Glucose	4,2
Dextrine	2,8 (*c*).

(*a*) Payen, *Précis de chimie industrielle*, 1859, t. II, p. 154.
(*b*) Chevreul, *Rapport sur un mémoire de M. Mège-Mouriez, ayant pour titre : Recherches chimiques sur le froment, sa farine et sa panification* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1857, t. XLIV, p. 40).
(*c*) Dumas, *Traité de chimie*, t. VI, p. 589.

Par conséquent, 100 grammes de ce pain renferment 1gr,08 d'azote et environ 30 grammes de carbone.

Or, nous avons vu précédemment que, terme moyen, la dépense physiologique d'un homme pouvait être représentée par 21 grammes d'azote et 230 grammes de carbone.

Pour fournir à son organisme une quantité de carbone équivalente à celle qu'il exhale, il suffirait donc d'une ration d'environ 750 grammes de pain. Mais ce poids de pain ne lui donnerait qu'environ 8 grammes d'azote ; et, pour trouver dans un tel aliment la quantité de principes albuminoïdes dont il a besoin, il lui faudra digérer, non pas 750 grammes de pain seulement, mais plus de 2 kilogrammes.

Si l'Homme se nourrissait de riz seulement, le manque d'aliments plastiques serait encore plus grand. En effet, 100 grammes de cette céréale ne contiennent qu'environ 7 grammes de matières azotées associées à près de 90 grammes de substances amylacées, à quelques traces de matières grasses, un peu de cellulose et une très-faible proportion de matières minérales. Pour fournir une quantité de carbone équivalente à celle qui est brûlée dans l'organisme de l'individu dont il vient d'être question, il suffirait presque de 650 grammes de riz ; mais cette ration ne donnerait guère que 7 grammes d'azote, et le déficit des aliments plastiques correspondrait à 14 grammes de ce dernier élément.

Supposons, au contraire, la ration de l'Homme composée uniquement de viande de boucherie peu chargée de graisse. Nous avons vu précédemment que 100 grammes de cette matière alimentaire contiennent 78gr,50 d'eau et seulement 11 grammes de carbone associés à 3 grammes d'azote. Pour fournir à la dépense physiologique en matières azotées, il suffirait donc d'environ 700 grammes de cette viande ; mais une pareille ration ne donnerait que 71 grammes de carbone, au lieu de 230, qu'il aurait fallu introduire dans l'organisme.

Nous voyons donc que, pour rendre le régime de l'Homme

approprié à ses besoins nutritifs, sans dépense superflue des matières alimentaires et des forces digestives, il faut y réunir, dans certaines proportions, des substances animales et végétales. Par exemple, une ration composée de 600 grammes de pain et de 500 grammes de viande donnerait 235 grammes de carbone et environ 21 grammes d'azote, c'est-à-dire les quantités voulues. Cette ration ne contiendrait cependant en tout que 512 grammes de matières solides, tandis que la ration composée de pain seulement, et pesant 2 kilogrammes, en contiendra 1350 grammes. Une ration composée uniquement de fibrine ou d'autres matières albuminoïdes et de graisse en proportions convenables serait encore plus substantielle, car, pour des poids égaux de substance alimentaire sèche, elle donnerait une proportion plus élevée de principes plastiques et de composés carbo-hydrogénés utilisables à titre de combustibles; mais, ainsi que nous l'avons déjà vu, l'absorption des corps gras ne peut, en général, s'effectuer que lentement, et, par conséquent, l'usage d'une certaine quantité de fécule ou de sucre comme aliment respiratoire est généralement préférable (1).

Lorsqu'on veut nourrir d'une manière suffisante les Hommes, tout en ne faisant que la moindre dépense pécuniaire possible,

(1) On doit à M. Hoppe une série d'expériences intéressantes, relatives au rôle du sucre dans l'alimentation des Chiens. Il a constaté qu'en associant cette substance à la viande, on détermine une diminution dans la quantité d'urée excrétée et une augmentation plus rapide du poids du corps, que dans le cas où la ration se compose de viande seulement (*a*).

Un mélange de viande crue pilée et de sucre constitue un excellent aliment pour les très-jeunes enfants qui viennent d'être sevrés, et qui ne digèrent pas le lait de Vache en quantité suffisante pour y trouver toute la nourriture dont ils ont besoin. J'ai eu plusieurs fois l'occasion d'en constater l'utilité.

(*a*) Hoppe, *Ueber den Einfluss des Rohrzuckers auf die Verdauung und Ernährung* (*Archiv für pathol. Anat. und Physiologie*, 1856, t. X, p. 144).

il faut tenir grand compte des faits de cet ordre, et prendre en considération, d'une part la valeur vénale des différents aliments, d'autre part leur valeur physiologique relative aussi bien qu'absolue (1). L'art de composer à bon marché des rations d'un pouvoir nutritif déterminé pour l'usage des Animaux de ferme est aussi d'une grande importance en agronomie. Mais ces questions ne sont pas de notre domaine, et nous ne devons nous en occuper qu'en tant que leur étude peut jeter d'utiles lumières sur l'histoire générale de la nutrition ; elles sont, comme on le voit, très-compliquées, et, pour les résoudre, il ne suffit pas des données fournies par l'analyse chimique, il faut aussi avoir égard à l'ensemble des propriétés de chaque substance alimentaire, et bien connaître les besoins réels que le travail nutritif fait naître dans les organismes vivants, suivant les conditions dans lesquelles ces organismes fonctionnent.

Influence de l'âge.

§ 6. — D'après ce que nous savons déjà sur l'emploi physiologique des matières alimentaires, nous pouvons prévoir également que la composition de la ration la plus convenable pour un Animal déterminé pourra varier, suivant qu'il sera jeune ou que sa croissance sera terminée, ou bien encore suivant qu'il sera au repos, ou qu'il fera un grand usage de sa force musculaire. Toutes choses étant égales d'ailleurs, le jeune Animal a besoin de fournir au travail histogénique dont dépend sa croissance, en même temps qu'il fournit à l'entretien de la combustion respiratoire ; par conséquent, il aura besoin d'une plus forte proportion d'aliments azotés que l'animal adulte,

(1) Je citerai à ce sujet des recherches intéressantes qui ont été faites récemment par MM. Lawes et Gilbert sur la valeur relative du pain et de la viande de boucherie plus ou moins chargée de graisse (a).

(a) Lawes and Gilbert, *Experimental Inquiry into the Composition of the Animals fed and slaughtered as Human food* (*Philos. Trans.*, 1858, p. 568 et suiv.).

dont le corps ne grandit plus. Aussi, en comparant le régime alimentaire qu'une longue pratique a conduit à adopter dans divers établissements publics, pour des adultes et pour des enfants, a-t-on remarqué que la ration des derniers contient proportionnellement plus d'aliments plastiques et moins d'aliments respiratoires que celle des premiers (1).

Influence du travail musculaire.

Comme nous l'avons déjà vu, l'activité musculaire accélère le travail chimique dont dépend la transformation des matières albuminoïdes en principes urinaires, et par conséquent aussi, quelle que soit dans ces conditions la quantité de carbone brûlé dans l'organisme, il faut plus d'aliments plastiques que chez l'individu au repos. Sur ce point, les résultats fournis par la pratique sont parfaitement d'accord avec les vues théoriques, et chacun sait que l'ouvrier qui exécute des travaux de force a besoin de manger plus de viande ou d'autres aliments azotés que l'homme de lettres, dont le système musculaire ne fonctionne que peu (2). Un exemple remarquable de l'influence que le

(1) M. Playfair a publié des recherches statistiques très-intéressantes sur le régime alimentaire des soldats, des prisonniers et des collégiens en Angleterre. Il a fait connaître non-seulement le poids des aliments azotés et non azotés qui sont consommés par individu pendant une semaine, mais aussi la quantité totale de carbone qui est contenue dans ces substances, et la proportion existant entre le carbone des aliments appartenant aux deux classes de substances indiquées ci-dessus, ce qui permet de bien apprécier la proportion des aliments plastiques et des aliments dits respiratoires dans ces diverses rations. Or, nous voyons, par les documents réunis dans ce travail, que si l'on représente par 1 la quantité de carbone contenu dans les aliments plastiques, celle du carbone contenu dans les aliments respiratoires est d'environ 5 $\frac{1}{2}$ dans le régime adopté pour les garçons des écoles publiques de Londres, de 6,1 dans celui employé pour les adultes dans les maisons de refuge de la même ville, et de 6,8 pour les adultes dans les prisons (a).

(2) Je citerai, à ce sujet, un fait enregistré par M. Playfair. Les détenus dans les prisons anglaises au Bengale sont nourris de manière à recevoir, pour une quantité d'aliments azotés

(a) Playfair, *On the Food of Man under different Conditions of Age and Employment* (*Edinburgh new Philos. Journal*, 1854, t. LVI, p. 266).

régime plus ou moins azoté exerce sur le développement des forces physiques de l'Homme, s'est produit, il y a quelques années, lorsqu'on exécutait entre Paris et Rouen les grands travaux nécessaires pour l'établissement du chemin de fer qui relie ces deux villes. Les entrepreneurs de terrassement avaient fait venir plusieurs escouades d'ouvriers anglais, et avaient remarqué que ceux-ci mangeaient beaucoup plus de viande que les ouvriers français employés aux mêmes travaux, mais faisaient aussi beaucoup plus d'ouvrage ; on mit alors les ouvriers français à un régime alimentaire analogue, et bientôt on les vit déployer non moins de force que leurs compagnons d'outre-Manche (1).

Influence de la température.

§ 7. — La température atmosphérique paraît exercer aussi une certaine influence sur la nature des aliments qui conviennent le mieux à l'Homme et aux Animaux, ainsi que sur l'emploi que ces êtres sont susceptibles de faire des matières assimilables (2). Dans les pays très-froids, où la dépense de chaleur

contenant 1 de carbone, des aliments carbo-hydrogénés dans la proportion de 7,6 lorsqu'ils ne sont pas astreints au travail, et de 5,9 lorsqu'ils sont condamnés à des travaux de force. Les premiers reçoivent par semaine environ 18 onces d'aliments azotés, les seconds plus de 28 onces des mêmes substances (a).

(1) Les ouvriers anglais dont il est ici question consommaient journellement 660 grammes de viande, 700 grammes de pain, 1 kilogramme de pommes de terre et 2 kilogrammes de bière. Ils recevaient ainsi 31gr,9 d'azote alimentaire, tandis que les ouvriers français ne mangeaient que peu de viande, et se nourrissaient principalement de pain et de légumes. Des observations analogues ont été faites en Irlande, où les ouvriers se nourrissent d'ordinaire de pommes de terre et de lait seulement (b).

(2) M. May a fait une série d'expériences relatives à la température la plus favorable à l'utilisation de la ration alimentaire des Vaches, et il a trouvé que c'est dans une atmosphère à 12° ou 13° centigrades que ces Animaux produisent le plus de lait et de viande à l'aide d'une quantité donnée d'aliments (c).

(a) Playfair, *Op. cit.* (*Edinb. new Philos. Journ.*, 1854, t. LVI, p. 266).

(b) Payen, *Des substances alimentaires*, p. 379.

(c) May, *Bei welcher Temperatur wird bei Kühen das Futter am besten verwerthet* (Moleschott's *Untersuchungen zur Naturlehre*, 1858, t. V, p. 319).

animale est très-grande, et où, par conséquent, la combustion physiologique doit être très-active, la consommation des matières grasses est en général fort considérable, et, comme l'a très-bien fait remarquer M. Liebig, ce régime est en parfaite harmonie avec les besoins du travail respiratoire, car les graisses sont, de toutes les substances alimentaires, celles qui, pour un poids déterminé de matière, fournissent le plus de combustibles et dégagent le plus de chaleur par le fait de leur oxydation. En effet, ces substances sont très-riches en hydrogène et en carbone, mais ne contiennent que peu d'oxygène; on conçoit donc que, dans ces circonstances, des matières de ce genre puissent être plus utiles que des aliments féculents ou sucrés, dans lesquels la totalité de l'hydrogène se trouve associée à de l'oxygène dans les proportions voulues pour former de l'eau, et par conséquent ne sauraient être utilisés comme combustibles dans le travail respiratoire (1). Il est aussi à noter que, toutes choses étant égales d'ailleurs, l'absorption d'une substance est d'autant plus facile, qu'il en existe moins dans le torrent de la circulation, et que, par conséquent, la combustion rapide des matières grasses sous l'influence de l'oxygène inspiré, qui semble devoir s'effectuer dans les climats très-froids, doit tendre à augmenter la puissance de l'action absorbante exercée sur les matières de même ordre par les parois du canal digestif. Aussi plusieurs des voyageurs qui ont visité les terres polaires insistent-ils non-seulement sur la grande consommation d'huile que font les habitants de ces régions glacées, mais aussi sur l'aptitude qu'ils avaient acquise eux-mêmes à suivre un régime analogue dont

(1) M. Liebig a fait remarquer avec raison que les graisses contenant, pour un même poids de carbone et d'hydrogène, dix fois moins d'oxygène que les matières amylacées, sont des aliments respiratoires plus puissants, et que ce fait explique leur utilité dans le régime des habitants du Nord (a).

(a) Liebig, *Nouvelles Lettres sur la chimie*, p. 124, 141, etc.

ils se seraient mal accommodés dans les climats tempérés ou chauds (1). J'ajouterai que la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'hydrogène est presque trois fois aussi considérable que celle qui résulte de la transformation du carbone en acide carbonique (2).

Engraissement. § 8. — Lorsqu'un Animal mange à discrétion, la quantité d'aliments qu'il consomme est en général réglée par la grandeur de la puissance fonctionnelle de son appareil digestif. Si cette puissance est insuffisante pour répondre aux besoins du travail nutritif, de même que lorsque la ration alimentaire est trop faible, l'Animal vit en partie aux dépens de sa propre substance, et le poids de son corps diminue plus ou moins rapidement. Mais lorsqu'au contraire la quantité de matière assimilable introduite dans le torrent de la circulation par l'appareil digestif est supérieure à celle des combustibles employés à l'entretien de la combustion respiratoire et du travail histogénique nécessaire pour la croissance du corps, la majeure partie de l'excédant est emmagasinée dans l'organisme, et la réserve nutritive ainsi formée constitue du tissu graisseux.

L'aptitude des animaux à se charger ainsi de graisse varie beaucoup suivant les espèces et même suivant les individus (3).

(1) Je citerai particulièrement, à cet égard, les observations de M. Taylor (*a*).

(2) Voyez ci-dessus, page 24.

(3) La quantité totale de matières grasses contenues dans le corps de divers Animaux de boucherie, et extraite, soit par la fusion ou l'expression, soit par l'action dissolvante de l'éther, a été déterminée avec beaucoup de soin par MM. Lawes et Gilbert.

Chez des Moutons qui n'avaient pas été mis au régime de l'engraissement, et qui se trouvaient dans leur état ordinaire, cette quantité constitua 18,7 pour 100 du poids total du corps, mais chez des individus surchargés de graisse, elle s'éleva à 45,8 de ce même poids total.

Chez les Cochons de basse-cour, la graisse représenta les 23 centièmes du poids de l'organisme, et chez les Cochons gras elle s'est trouvée dans la proportion de 42,2 pour 100.

Chez les Bœufs ordinaires, cette proportion était de 19 pour 100, et, chez

(*b*) Baron Taylor, *Northern Travels*, 1858, p. 40.

Chez quelques races de Moutons, elle est portée si loin, qu'en peu de temps le poids du corps peut être presque doublé de la sorte ; mais, en général, lorsque l'accumulation de la graisse dans l'organisme dépasse certaines limites, il en résulte un état pathologique. Elle est favorisée par toutes les circonstances qui, sans affaiblir la puissance digestive et absorbante, diminuent l'activité du travail nutritif (1). Nous avons déjà vu que le repos musculaire est une de ces circonstances. L'inactivité des organes reproducteurs tend à produire le même effet, et la zootechnie pratique nous apprend que la castration prédispose à l'engraissement la plupart de nos Animaux domestiques.

Action de diverses substances sur la nutrition.

§ 9. — Nous avons vu précédemment que certaines substances tendent à ralentir le travail de combustion physiolo-

un Animal de même espèce bien engraissé, elle s'est élevée à 30,1 pour 100.

Enfin, chez les jeunes individus, les matières grasses étaient moins abondantes. Ainsi, chez un Veau gras, le poids de ces substances ne constituait que 14,8 pour 100 du poids total, et chez un Agneau engraissé, elles entraient pour 28,5 centièmes dans le poids total du corps (*a*).

(1) Beaucoup d'agronomes qui ont écrit sur l'élevage de nos Animaux de boucherie ont considéré le grand développement des poumons et l'activité respiratoire comme étant des conditions favorables à l'engraissement ; mais il n'en est pas ainsi. Il est vrai que les individus dont le thorax est grand et les membres petits, sont en général plus aptes à tirer bon parti de leurs aliments et à engraisser rapidement ; aussi, en favorisant par la sélection des reproducteurs le développement de ces particularités physiologiques, les agriculteurs sont-ils parvenus à accroître beaucoup cette aptitude dans certaines races de Moutons et de Bœufs. Mais les dimensions de la région thoracique du corps ne sont pas en relation avec la capacité pulmonaire ou l'activité respiratoire, et tout ce qui tend à augmenter la combustion physiologique est défavorable à l'utilisation des aliments pour la production de la graisse. On doit à M. Baudement de très-bonnes recherches sur ce sujet (*b*).

(*a*) Lawes and Gilbert, *An Experimental Inquiry into the Composition of some of the Animals fed and slaughtered as Human food* (*Philos. Trans.*, 1859, p. 509).

(*b*) Baudement, *Observations sur les rapports qui existent entre le développement de la poitrine, la conformation et les aptitudes des races bovines* (*Ann. du Conservatoire des arts et métiers*, et *Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1861, t. XV, p. 331).

gique dont l'économie animale est le siége (1). Il est donc évident que ces matières, si elles n'exercent aucune action nuisible sur l'organisme, pourront tenir lieu d'une portion des aliments combustibles dont la ration d'entretien se compose d'ordinaire ; et si, en même temps, elles excitent le système nerveux de façon à relever les forces, et si elles sont susceptibles de jouer le rôle de combustibles dans l'action de la respiration, elles pourront avoir une importance considérable dans la nutrition. Tel est le café, dont plusieurs peuples font, comme chacun le sait, un grand usage. M. Lehmann a constaté expérimentalement que chez l'homme l'action de cette substance tend à diminuer beaucoup la production de l'urée et des matières salines dont l'existence dépend du travail d'oxydation qui s'opère dans toutes les parties vivantes de l'économie animale (2).

Café.

Alcool.

Des effets analogues paraissent résulter de l'emploi de plusieurs autres substances qui exercent une action stimulante sur le système nerveux : le thé (3) et l'alcool, par exemple. Nous avons déjà eu l'occasion de voir que l'usage des liquides spiritueux est suivi d'une diminution dans la quantité d'acide car-

(1) Voyez ci-dessus, page 188.

(2) L'opinion contraire a été soutenue par M. Zobel (*a*).

(3) M. Böcker a étudié expérimentalement l'action de l'infusion de thé sur l'économie animale dans des circonstances d'alimentation insuffisante pour l'entretien du poids du corps, et il a constaté que lorsque ce liquide était substitué à l'eau dont il buvait d'ordinaire, la quantité d'aliments solides consommés diminua, terme moyen, de 12 grammes par jour ; mais que la perte de poids subie par l'organisme était cependant beaucoup réduite. La différence était dans le rapport de 539 à 336. La quantité d'urée excrétée en vingt-quatre heures diminua d'environ 1 gramme sous l'influence du thé, mais la quantité d'acide carbonique expulsé par les poumons resta constante (*b*).

(*a*) Zobel, *Reflexionen über Kaffeinhaltige Genussmittel* (*Prager Vierteljahrschrift für die prakt. Heilkunde*, 1853, t. II, p. 105).

(*b*) Böcker, *Versuche über die Wirkung des Thees* (*Archiv des Vereins für Gemeinschaftliche Arbeiten zur Förderung der wissenschaftlichen Heilkunde*, 1853).

bonique fournie par la combustion respiratoire (1); il en est de même pour l'urée et les autres produits de la mutation de la matière organique qui constitue ou accompagne le travail nutritif (2). L'usage modéré de l'alcool tend à ralentir la consommation nutritive des combustibles organiques, tout en soutenant les forces de l'économie animale. Lorsque la nourriture est abondante, l'influence de cette substance devient ainsi nuisible plutôt qu'utile ; mais lorsque la ration alimentaire par elle-même est insuffisante, elle peut, jusqu'à un certain point, suppléer à ce déficit, non-seulement en contribuant directement à l'entretien de la combustion respiratoire, mais aussi en retardant la marche de ce travail. Des expériences intéressantes ont été faites à ce sujet par M. Hammond, qui a vu l'emploi d'une certaine dose de liquides spiritueux arrêter les pertes de poids que le corps éprouvait par suite d'une nourriture insuffisante, et diminuer en même temps la quantité de tous les produits excrémentitiels de l'organisme (3).

(1) Voyez tome II, page 535.

(2) M. Böcker, en expérimentant sur lui-même, trouva que l'emploi alimentaire de l'alcool diminue d'une manière très-notable les produits excrémentitiels du travail nutritif. En comparant ces produits pendant l'emploi de la ration d'entretien ordinaire, avec ou sans l'addition d'une certaine quantité d'alcool, il fut conduit à évaluer cette diminution de la manière suivante :

	Gram.
Urine	1151,7
Eau contenue dans l'urine.	1115,49
Matière urinaire solide	36,24
Urée	13,36
Acide urique.	0,09
Mucus.	0,09
Phosphates terreux.	0,27
Sels décomposables par la chaleur et matières extractives	13,36

L'emploi de l'alcool réduisit aussi la quantité d'acide carbonique excrété par les poumons, d'environ 165,744 centimètres cubes par jour, mais ne parut pas influer sur la quantité d'eau exhalée (*a*).

(3) Dans une des séries d'expériences faites par ce physiologiste sur lui-même, le poids du corps diminuait journellement de 0,28, par suite d'une alimentation insuffisante, lorsqu'il ajouta à sa ration 12 drachmes d'alcool étendu d'eau. En cinq jours de ce nouveau régime, non-seulement

(*a*) Böcker, *Beiträge zur Heilkunde* (voyez *British and Foreign Med.-Chir. Review*, 1854, t. XIV, p. 398).

Bière, etc. § 10. — Il est aussi à noter que la composition de la ration alimentaire peut influer d'une manière plus marquée sur certaines parties du travail éliminatoire dont l'organisme est le siége que sur l'ensemble de ce phénomène. Ainsi la quantité de phosphate terreux que le lavage irrigatoire enlève aux tissus et verse dans les voies urinaires est diminuée par l'emploi alimentaire du sucre en proportion considérable (1), et l'usage de la bière paraît activer singulièrement l'excrétion du chlorure de sodium (2).

l'amaigrissement fut arrêté, mais le poids du corps s'éleva notablement. En même temps, l'exhalation d'acide carbonique par les poumons avait été réduite d'environ 312 grammes par jour, et l'excrétion quotidienne d'urée diminuée de 54,5 grains (*a*).

On pense assez généralement que l'alcool est un aliment de la respiration, et qu'après avoir été introduit dans le torrent de la circulation, il est en majeure partie oxydé, de façon à donner naissance finalement à de l'acide carbonique et à de l'eau (*b*). Il semblait même résulter des expériences de M. Duchek, que ce liquide était d'abord transformé en aldéhyde (*c*). Mais les recherches plus récentes de MM. Lallemand, Perrin et Duray tendent à établir que cette transformation n'a pas lieu, et que la plus grande partie de l'alcool absorbé est assez promptement exhalée par les poumons (*d*).

(1) M. Böcker a remarqué que l'emploi du sucre, comme aliment, tend à diminuer notablement l'élimination des phosphates terreux par les voies urinaires. Il évalue à 0gr,013 la différence déterminée de la sorte dans l'excrétion du phosphate de chaux par kilogramme du poids du corps, et il conclut de ses observations que ce comestible retarde le travail de désassimilation dans le tissu osseux (*e*).

(2) Il résulte des recherches expérimentales de M. Böcker sur les effets produits par l'usage de la bière, que cette boisson, indépendamment de l'action qu'elle exerce à raison de son alcool, influe d'une manière remarquable sur l'excrétion du chlorure de sodium par les voies urinaires. D'après l'analyse de la bière employée, on constata que ce liquide ne contenait que des traces de chlorure de sodium et très-peu de chlorure de potassium ; cependant les jours où M. Böcker

(*a*) Voyez Day, *Chemistry in its Relations to Physiology and Medicine*, 1860, p. 515.

(*b*) Bouchardat et Sandras, *De la digestion des boissons alcooliques, et de leur rôle dans la nutrition* (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1847, t. XXI, p. 456).

— Liebig, *Nouvelles lettres sur la chimie*, p. 244.

(*c*) Duchek, *Ueber das Verhalten des Alkohols im thierischen Organismus* (*Prager Vierteljahrschrift für praktische Heilkunde*, 1853).

(*d*) Lallemand, Perrin et Duray, *Du rôle de l'alcool et des anesthésiques dans l'organisme*, 1860.

(*e*) Böcker, *Beiträge zur Heilkunde* (voy. *British and Foreign Med.-Chir. Review*, 1854, t. XIV, p. 403).

Substances minérales.

Je dois rappeler également ici que quelques peuples peu avancés en civilisation emploient parfois comme aliment des matières terreuses, et apaisent ainsi les souffrances de la faim ou même se nourrissent un peu. Les substances minérales employées de la sorte renferment quelquefois des débris de matières organiques en proportion assez considérable pour donner à ces corps un faible pouvoir nutritif; mais, dans d'autres cas, elles sont trop pauvres en principes de ce genre pour que leur utilité puisse être expliquée de la sorte, et il est probable qu'alors elles agissent seulement comme absorbants, pour s'emparer du suc gastrique et empêcher son action sur les parois de l'estomac (1).

en prenait une certaine quantité à ses repas, ses urines contenaient jusqu'à 3 grammes de chlorure de plus que dans les circonstances ordinaires (*a*).

(1) Humboldt a constaté ce singulier mode d'alimentation chez les Ottomaques, peuplade des bords de l'Orénoque, dans l'Amérique du Sud (*b*). MM. Spix et Martius signalent les mêmes habitudes chez des Indiens de la rivière des Amazones (*c*), et Labillardière a observé des faits analogues chez les habitants de quelques villages de Java (*d*). L'espèce de terre glaise employée de la sorte ne paraît pas contenir de matières organiques, mais d'autres terres qui parfois servent d'aliment contiennent une substance animale provenant des Infusoires qui s'y trouvent en grand nombre. C'est le cas pour le *Bergmehl*, ou farine de montagne, dont les Lapons mangent en temps de disette (*e*).

Les Chinois ont aussi recours à des matières terreuses pour apaiser leur faim en temps de disette (*f*), mais cette sorte de farine minérale ne renferme que très-peu de matières organiques (*g*).

Des observations relatives à l'emploi de la terre en guise d'aliment ont été recueillies par plusieurs autres auteurs (*h*), mais elles sont en général fort incomplètes.

(*a*) Böcker, *Ueber die Wirkung des Biers* (*Archiv des Vereins für gemeinsch. Arbeiten zur Förderung der wissensch. Heilkunde*, 1854).

(*b*) Humboldt, *Tableaux de la nature*, t. I, p. 188 et suiv.

(*c*) Spix et Martius, *Reise in Brasilien*, t. II, p. 527.

(*d*) Labillardière, *Voyage à la recherche de la Pérouse*, t. II, p. 322).

(*e*) Humboldt, *Lettre* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1837, t. IV, p. 203).

— Trail, *Examination and Analysis of the Berg-Meal or Mineral Four found in West Bothnia* (*Trans. of the Roy. Soc. of Edinburgh*, 1844, t. XV, p. 145).

— Retzius, *Matière pulvérulente formée de dépouilles siliceuses d'infusoires, et désignée sous le nom de farine minérale, etc.* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1838, t. VI, p. 356).

(*f*) Biot, *Note sur des matières premières employées en Chine dans les temps de famine, sous le nom de farine de pierre* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1837, t. IV, p. 301).

— Stanislas Julien, *Sur la farine fossile* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1841, t. XIII, p. 358).

(*g*) Payen, *Note sur la farine fossile des Chinois* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1841, t. XIII, p. 480).

(*h*) Voyez Burdach, *Traité de physiologie*, t. IX, p. 260.

Histogénèse. § 11. — Les substances alimentaires que nous venons de passer en revue ne peuvent être utilisées pour l'entretien de la vie de l'Animal qu'après avoir été absorbées et introduites dans le torrent de la circulation. La digestion, comme nous l'avons déjà vu, a pour but de les rendre absorbables et souvent aussi d'en modifier les propriétés chimiques ; mais, quoi qu'il en soit à cet égard, lorsque ces matières sont arrivées dans le sang, elles s'y mêlent aux autres principes dont ce liquide se compose, et dès lors on peut en général les considérer comme des parties constitutives du fluide nourricier. En effet, leur rôle ultérieur se confond avec celui des matières préexistantes dans le sang, et elles servent tout d'abord à réparer les pertes que celui-ci éprouve sans cesse par suite des sécrétions, de la combustion physiologique, ou des autres phénomènes à la production desquels il contribue. En poursuivant dans cette direction l'étude du travail nutritif dont l'économie animale est le siége, nous nous trouvons donc ramenés à notre point de départ, c'est-à-dire à l'examen du rôle du sang dans l'organisme, sujet dont j'ai traité dans les premières Leçons de ce cours, et ici je n'aurai que peu de choses à ajouter à ce que j'ai eu l'occasion d'en dire précédemment. Si je voulais approfondir davantage ces questions, je me trouverais bientôt réduit à n'exposer que des conjectures assez vagues, et par conséquent je dois être bref.

D'après l'ensemble des faits dont j'ai rendu compte, nous devons penser, ce me semble, que la partie essentiellement nutritive du sang n'est en réalité que le sérum, qui tient en dissolution de l'albumine ainsi qu'une foule d'autres matières combustibles, et que la fixation de l'oxygène sur ces matières est déterminée principalement par l'action des solides vivants, dont les uns affectent la forme d'organites isolés et flottent au milieu du fluide nourricier, où ils constituent les globules du sang, et dont les autres, agrégés d'une manière plus ou moins

intime, composaient les divers tissus, tels que les membranes, les muscles ou la substance glandulaire. Pour que les phénomènes nutritifs de cet ordre se manifestent, il n'est donc pas nécessaire que le sang tout entier, c'est-à-dire le plasma et les globules, arrive en contact avec la partie vivante; il suffit que le sérum y parvienne, et par conséquent aussi, quoique la multiplicité des vaisseaux sanguins soit une circonstance très-favorable à l'activité du travail nutritif, en rendant l'abord de ce liquide plus rapide et plus abondant dans les solides adjacents, la vascularité d'un tissu n'est pas une condition nécessaire pour l'établissement du mouvement nutritif dans sa profondeur. Il faut seulement que le solide vivant soit perméable aux liquides, et c'est ainsi que des réactions de chimie physiologique d'une grande importance peuvent avoir lieu dans l'intérieur des utricules qui constituent les tissus épithéliques en général, aussi bien que la substance des glandes, quoique ces utricules soient dépourvus de vaisseaux sanguins. Cela nous permet aussi de comprendre comment les phénomènes essentiels de la nutrition peuvent se manifester de la même manière chez tous les Animaux, que ceux-ci soient ou non pourvus d'un système de vaisseaux destinés au service de l'irrigation organique.

Mais les réactions chimiques, qui jouent un rôle si important dans la vie végétative de tous les êtres vivants, ne sont pas les seuls phénomènes de nutrition dont l'étude doive nous occuper. Les matières plastiques contenues dans le fluide nourricier sont employées en partie à constituer les tissus qui provoquent ces réactions, et, pour achever cette partie de nos études physiologiques, il faut par conséquent examiner aussi comment l'organisation de ces substances s'effectue, comment un Animal peut s'accroître, et comment il peut réparer les pertes qu'il éprouve. Mais tout ce qui se rapporte au travail histogénique ne peut être bien saisi que lorsqu'on connaît ce qui se passe

dans l'embryon au moment où toutes les parties vivantes commencent à se constituer et s'accroissent avec le plus de rapidité. Je terminerai donc ici la longue série de Leçons consacrées spécialement à l'histoire des fonctions de nutrition, et je compléterai cette partie de ma tâche à mesure que j'avancerai dans l'étude d'un autre groupe de phénomènes qui se lient d'une manière intime à ceux dont je viens de parler, mais qui ont pour objet principal la multiplication des individus vivants. Par conséquent j'aborderai maintenant l'histoire des fonctions de reproduction, me proposant de ne traiter des phénomènes de la vie de relation qu'après avoir achevé l'étude des fonctions de la vie végétative.

SOIXANTE ET ONZIÈME LEÇON.

DE LA REPRODUCTION DES ANIMAUX. — Réfutation de l'hypothèse des générations dites *spontanées*.

§ 1. — Chacun sait que la durée de tout être vivant a des limites infranchissables, et qu'après avoir existé pendant un temps plus ou moins long, les Animaux, comme les Plantes, meurent nécessairement, mais que cette destruction des individus n'entraîne pas la disparition des espèces ou types organiques dont ils sont des représentants, car ils ont tous la faculté de produire d'autres individus faits à leur image, et de perpétuer leur race par voie de génération. Chacun sait aussi que le Chêne et le Froment, de même que le Chien, le Cheval et l'Homme, ne peuvent naître que de leurs semblables, dont ils sont des produits et dont ils tirent leur puissance vitale. En cela, comme en beaucoup d'autres choses, ces êtres organisés diffèrent radicalement des corps bruts, qui durent tant qu'une force étrangère ne vient pas désassocier leurs molécules constitutives, qui ne sont jamais engendrées par leurs semblables et qui résultent toujours de l'union ou de la décomposition de corps dont la nature diffère de la leur. Ainsi un atome de craie n'est pas produit par de la craie qui préexisterait, mais naît de la combinaison d'un atome de chaux et d'un atome d'acide carbonique; de même que tous les autres corps bruts, il n'a ni ascendants ni descendants de son espèce, et il est une conséquence des propriétés dont est douée la matière qui le constitue; tandis que les corps organisés dont je viens de parler ne se forment que sous l'influence d'un autre individu de leur espèce qui imprime à la matière destinée à les constituer un

Destruction et renouvellement des êtres vivants.

cachet particulier, en même temps qu'il y communique la puissance vitale dont il est lui-même animé. Aucun de ces êtres n'existerait s'il n'avait été engendré par des parents, et si les grandes lois de la Nature ont réellement la généralité que je leur ai souvent attribuée dans le cours de ces Leçons, nous devons penser qu'il en sera de même pour tout ce qui vit; que tous les Animaux, ainsi que toutes les Plantes, doivent être des descendants d'autres Animaux et d'autres Plantes, et que leur multiplication à la surface de notre globe est toujours une conséquence de la faculté génératrice dont les individus de leur espèce sont doués.

L'origine des Animaux est parfois obscure.

Dans l'immense majorité des cas, il est facile de s'assurer qu'effectivement les Animaux et les Plantes se reproduisent, et ne peuvent naître que s'ils ont été procréés de la sorte. Mais dans quelques circonstances cette filiation n'est pas également évidente, et parfois même on ne s'explique pas bien, au premier abord, comment certains Animaux peuvent avoir une origine semblable. On ne leur connaît pas de mère, et l'on ne voit même pas d'Animaux de leur espèce dans les lieux où ils naissent. Ainsi il n'est pas rare de voir des Anguilles, des Apus et d'autres Animaux aquatiques se montrer en nombre considérable dans des mares ou même dans de petites flaques d'eau pluviales, au milieu de terres qui étaient restées à sec pendant de longues années, et qui par conséquent n'avaient pu être habitables pour des êtres de cette nature. Lorsqu'un cadavre exposé à l'action de l'air se putréfie, on voit souvent des milliers de petits Animaux vermiformes s'y développer, et dans quelques cas on trouve des parasites non-seulement dans les intestins de beaucoup d'Animaux, mais aussi jusque dans la substance d'organes en apparence inaccessibles à des êtres venant du dehors, dans la substance du foie, dans le globe de l'œil et dans l'intérieur du crâne, aussi bien que dans le centre de certains fruits et dans le tissu du bois.

Hypothèse de la générati dite spontanée

Pour rendre compte de faits de cet ordre, les philosophes de l'antiquité imaginèrent que le limon de la terre, les chairs corrompues et d'autres substances privées de vie, pouvaient, sous l'influence de la chaleur, de l'air et de l'eau, se constituer en corps organisés qui prendraient vie sans avoir été engendrés par aucun être vivant. Par un singulier emploi des mots, on a appelé *génération spontanée* ce mode d'origine de corps vivants qui ne seraient pas des produits d'une génération quelconque, et qui se constitueraient de toutes pièces sans le concours d'aucun organisme préexistant ; qui seraient créés et non engendrés.

Cette manière d'expliquer la formation des Animaux dont l'origine était entourée d'obscurité fut généralement adoptée par les naturalistes anciens et par les écrivains du moyen âge ; aujourd'hui encore quelques physiologistes y ont recours, et dans ces derniers temps elle a été soutenue avec ardeur par quelques hommes de talent. Mais, à mesure que la science a fait des progrès, on a vu presque toutes les prétendues exceptions à la loi de la multiplication des êtres vivants par voie de génération rentrer successivement dans la règle commune, et il me semble impossible de ne pas croire que, dans l'état actuel des choses, la vie est toujours transmise, que la matière brute ou morte ne saurait à elle seule se constituer en forme d'être organisé, et acquérir le mode d'activité qui caractérise soit un Animal, soit une Plante, et que la multiplication de ces êtres s'effectue d'après le même principe essentiel, que ces corps soient des Hommes ou des Monades ; en d'autres termes, que tout corps vivant provient d'un corps qui vit.

§ 2. — Il me paraîtrait presque inutile de rapporter ici tout ce que les anciens ont dit de la production des Animaux par le limon des fleuves ou la corruption des cadavres. Chacun de nous, dès son enfance, a été familiarisé avec les idées de ce genre par la lecture de l'un des plus grands poëtes de l'antiquité, et ce que Virgile raconte des Abeilles du berger Aristée n'était

que l'expression des croyances partagées par tous les naturalistes de son temps. Le grand Aristote avait pensé de même, et généralisant des observations incomplètes, il avait dit que tout corps sec qui devient humide, ainsi que tout corps humide qui se dessèche, produit des Animaux, pourvu qu'il soit susceptible de les nourrir (1).

Quelques naturalistes du moyen âge et de l'époque de la renaissance firent un usage encore plus immodéré d'hypothèses analogues. Ainsi un érudit célèbre du XVII[e] siècle, le père Kircher, assura que la chair d'un Serpent desséchée et réduite en poudre, puis semée dans de la terre et arrosée par la pluie,

(1) Au début du cinquième livre de son *Histoire des Animaux*, Aristote s'exprime de la manière suivante : « Il y a des Animaux qui sont produits par d'autres Animaux qu'une forme commune place dans le même genre, et il y en a qui naissent d'eux-mêmes sans être produits par des Animaux semblables. Ceux-ci viennent ou de la terre putréfiée, ou des plantes, comme la plupart des Insectes ; ou bien ils se produisent dans les Animaux mêmes des superfluités qui peuvent se trouver dans les différentes parties de leur corps. » Dans beaucoup d'autres passages, Aristote parle de la production d'Animaux par le limon ou d'autres matières analogues : ainsi il explique de la sorte la formation des larves qu'il appelle des Ascarides, et qui, en se métamorphosant, deviennent des Mouches du genre Empis ; il dit que les Poux naissent de la chair, et que les Puces résultent d'une fermentation qui se développe dans les ordures ; il attribue aussi à la génération dite spontanée la formation des Teignes qui rongent la laine, et des Acarus de la cire, ainsi que celle des Anguilles et de quelques autres Poissons (*a*).

Diodore de Sicile mentionne le développement d'une foule d'Animaux aux dépens du limon du Nil échauffé par les rayons du soleil (*b*), et Plutarque assure que le sol de l'Égypte paraît engendrer spontanément des Rats (*c*).

La fable que Virgile raconte au sujet de la production des Abeilles au moyen du cadavre d'un bœuf (*d*) a été acceptée sans critique par Pline (*e*).

(*a*) Aristote, *Histoire des Animaux*, trad. de Camus, t. I, p. 287, 291, 313, 363, 367, etc.

(*b*) Diodore, *Bibliothèque historique*, trad. par Gros, 1846, t. I, p. 12.

(*c*) Quelques auteurs ont fait remarquer que ce passage ne saurait s'appliquer au Rat proprement dit, qui n'était pas connu des anciens ; mais on sait qu'il existe en Égypte une autre espèce du même genre qui, dans les temps modernes, a été désignée sous le nom de *Mus cahirinus* (voyez Geoffroy Saint-Hilaire, *Description de l'Égypte : Hist. nat.*, t. II, p. 733, MAMMIFÈRES, pl. 5, fig. 1).

(*d*) Virgile, *Géorgiques*, chant IV.

(*e*) Pline, *Historiarum mundi* lib. XI, § XXIII.

donne naissance à des Vers qui bientôt se transforment en Serpents (1).

Expériences de Redi.

En 1638, un premier coup fut porté à toutes ces idées fausses par un médecin de Florence, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler dans une précédente Leçon, François Redi (2). A l'aide d'expériences non moins simples que probantes, ce naturaliste constata que les prétendus Vers qui se montrent dans les charognes sont des larves d'Insectes ; que ces larves ne sont pas des produits de la putréfaction, mais naissent des œufs qui sont déposés sur la chair par des Mouches, et que les matières corrompues dont on les supposait provenir ne sont en réalité qu'un aliment dont ils se nourrissent (3).

(1) Ce savant, trop crédule, s'occupait de linguistique, de mathématiques et de physique, aussi bien que d'histoire naturelle, et il fut un des premiers à chercher à interpréter les hiéroglyphes égyptiens. Il mourut à Rome en 1680. Ce fut en partie pour contrôler les assertions consignées dans un de ses ouvrages (*a*), que Redi entreprit les expériences dont il va être question.

(2) Voyez tome V, page 255.

(3) Après avoir rendu compte de beaucoup d'expériences faites pour établir que les Animaux vermiformes qui se développent dans la chair en putréfaction sont des larves destinées à se transformer en Mouches de différentes sortes, Redi s'exprime dans les termes suivants :

« D'après ces faits que je venais d'acquérir, je commençais à soupçonner que tous les Vers qui naissent dans les chairs y sont produits par des Mouches et non par ces chairs mêmes, et je me confirmais d'autant plus dans cette idée, qu'à chaque nouvelle génération produite par mes soins, j'avais toujours vu des Mouches voltiger et s'arrêter sur les chairs avant qu'il y parût des Vers, et que les Mouches qui s'y formaient ensuite étaient de même espèce que celles que j'avais vues s'y poser. Mais ce soupçon n'aurait été d'aucun poids si l'expérience ne l'eût confirmé ; c'est pourquoi, au mois de juillet, je mis dans quatre bouteilles à large cou, un Serpent, quatre petites Anguilles et un morceau de veau. Je bouchai bien exactement ces bouteilles avec du papier que j'arrêtai sur leur orifice en le serrant autour du goulot avec une ficelle; après quoi je mis des mêmes choses et en même quantité dans autant de bouteilles que je laissai ouvertes. Peu de temps après, les Poissons et les chairs de ces seconds vaisseaux se remplirent de Vers et je voyais les Mouches y entrer et en sortir librement ; mais je n'ai pas aperçu un seul Ver dans les bouteilles bouchées, quoiqu'il se fût

(*a*) Kircher, *Mundus subterraneus*, lib. XII.

Observation de Vallisnieri.

Redi resta dans le doute concernant le mode d'origine de certains Vers ou larves que l'on trouve souvent dans l'intérieur du corps de divers Animaux vivants ou dans la substance de certaines Plantes en pleine végétation, et, tout en refusant à la matière morte la faculté de s'organiser spontanément et de devenir ainsi un corps vivant, il inclina à penser que la force vitale dont les Plantes, aussi bien que les êtres animés, sont douées pouvait déterminer dans leur organisme la production d'Animaux parasites. Mais un de ses disciples, Vallisnieri, ne tarda pas à faire rentrer dans la règle commune un grand nombre de ces anomalies présumées, car il constata que divers Insectes qui se développent dans l'intérieur des fruits sont les produits d'une génération ordinaire, et qu'ils sont déposés à l'état d'œufs dans la substance des Végétaux, ou y pénètrent du dehors à l'état de larves pour y vivre et y grandir (1).

écoulé plusieurs mois depuis que ces matières y avaient été renfermées ; on voyait quelquefois sur le papier qui les couvrait de petits Vers qui cherchaient un passage pour s'introduire dans ces bouteilles : ils semblaient s'efforcer de pénétrer jusqu'à ces chairs qui étaient corrompues et qui exhalaient une odeur fétide... Je ne me contentai pas de ces expériences, j'en fis une infinité d'autres en différents temps et avec différentes sortes de vaisseaux, et pour ne négliger aucune espèce de tentatives, je fis enfouir plusieurs fois dans la terre des morceaux de chair, que j'eus soin de faire recouvrir de terre bien exactement ; et quoiqu'ils y restassent plusieurs semaines, il ne s'y engendra jamais de Vers, comme il s'en formait sur toutes les chairs sur lesquelles les Mouches s'étaient posées (*a*). »

Redi constata aussi l'existence d'organes reproducteurs chez divers Vers intestinaux que l'on supposait généralement ne se multiplier que par la génération dite spontanée (*b*).

(1) Vallisnieri était un neveu de l'illustre Malpighi, et il pratiquait la médecine à Padoue, vers le commencement du XVIII[e] siècle ; on lui doit beaucoup d'observations intéressantes sur la génération des Insectes dont les larves vivent dans ou sur les végétaux. Il reconnut aussi que l'Animal vermiforme appelé Œstre, qui se déve-

(*a*) Redi, *Experimenta circa generationem Insectorum* (édit. de Leyde, 1739), p. 32 et suiv.).

(*b*) Idem, *De Animalculis vivis quæ in corporibus Animalium vivorum reperiuntur observationes*, édit. de Leyde, 1729.

Un autre naturaliste du XVII[e] siècle, dont le nom revient souvent dans ces Leçons, Swammerdam (1), combattit avec non moins de succès les erreurs qui régnaient depuis l'antiquité, touchant l'aptitude de la matière brute à former spontanément beaucoup d'Animaux inférieurs (2). Ainsi il fit voir que les Abeilles, dont le nombre se compte par milliers dans chaque ruche, sont toutes le produit, non pas de la putréfaction des cadavres, comme on l'avait prétendu, mais du développement des œufs pondus par l'individu que les anciens appelaient le *roi*, et que les modernes désignent par le nom mieux approprié de *reine* (3). Il constata que les Poux sortent d'un œuf, et en

Recherche de Swammerdam etc.

loppe dans l'intestin du Cheval, est engendré par une sorte de Mouche, mais il se trompa sur la manière dont ce parasite est introduit du dehors dans l'intérieur du corps de l'Animal où il vit (*a*). Vallisnieri pensait que la femelle pénétrait dans l'anus du Cheval pour y pondre ses œufs, tandis qu'en réalité elle les dépose à l'extérieur et les colle aux poils de cet Animal, sur une des parties du corps que celui-ci a l'habitude de lécher. Le Cheval ramasse avec sa langue les larves qui sortent des œufs ainsi placés, les avale et les introduit dans son estomac, où elles séjournent fort longtemps ; de là ces parasites passent dans l'intestin et s'échappent au dehors par l'anus, pour aller en terre achever leurs métamorphoses (*b*).

(1) Voyez tome I, page 42.

(2) Swammerdam ne ménagea pas ses expressions lorsqu'il parla des partisans de l'hypothèse des générations dites spontanées. Ainsi, en traitant de l'Abeille, il dit : « Quoique ce soit le comble de l'absurdité d'imaginer que la pourriture soit capable d'engendrer des Animaux aussi bien organisés que le sont les Abeilles, c'est cependant l'opinion de la plus grande partie des Hommes, parce qu'on juge sans vouloir rien examiner (*c*). » Enfin, il termine son ouvrage par ces mots : « En examinant donc attentivement le développement des Insectes, des Animaux qui ont du sang et des Végétaux, on reconnaît que tous ces êtres croissent et se développent suivant une même loi, et l'on sent combien est fausse l'opinion de la génération spontanée, qui attribue à des causes fortuites des effets si réguliers et si constants (*d*). »

(3) Les résultats généraux des recherches de Swammerdam sur la génération des Abeilles et des autres Insectes furent publiés du vivant de ce naturaliste en 1669 (*e*) ; mais la plupart

(*a*) Vallisnieri, *Della curiosa origine degli Sviluppi e de costumi ammirabili di molti Insetti* (*Opere fisico-mediche*, t. I, p. 3).

(*b*) Bracy-Clarke, *An Essay on the Bots of Horses and other Animals*, 1815, p. 17 et suiv.

(*c*) Swammerdam, *Biblia Naturæ*, t. I, p. 530.

(*d*) Idem, *Op. cit.*, t. II, p. 863.

(*e*) Swammerdam, *Histoire générale des Insectes*, p. 96, etc.

pondent, comme les autres Insectes (1); enfin il expliqua d'une manière très-judicieuse l'origine des larves qui habitent dans l'intérieur des excroissances végétales appelées *galles*, ou dans la substance des feuilles de diverses plantes (2). L'histoire du mode de reproduction de ces parasites, et de beaucoup d'autres Insectes dont les mœurs sont analogues, ne fut complétée que bien plus tard par les belles recherches de Réaumur; mais les faits introduits dans la science par Redi, Swammerdam et Vallisnieri auraient probablement suffi pour faire justice de

de ses observations ne furent connues du monde savant que longtemps après sa mort, lorsqu'en 1737, son grand ouvrage, intitulé *Biblia Naturæ, seu historia Insectorum in certas classes reducta*, fut édité par son compatriote l'illustre médecin Boerhaave. Une traduction française de ce livre parut en 1758 dans le 5[e] volume de la collection académique de Dijon.

(1) Dans quelques cas, les Poux se développent sur le corps humain en nombre si prodigieux, qu'au premier abord on a cru ne pouvoir s'expliquer leur multiplication par la voie ordinaire de la génération, et qu'on a supposé qu'ils naissaient de la substance de notre organisme, opinion qui a été soutenue encore de nos jours par quelques auteurs. Les médecins ont considéré ce phénomène comme dû à une maladie particulière qu'ils désignent sous le nom de *phthiriasis*, et parmi les personnes qui ont été infestées de la sorte, on cite plusieurs hommes célèbres : par exemple, Alcman, poëte grec (*a*), Platon, le dictateur Sylla, les deux Hérodes, l'empereur Maximin et le roi d'Espagne Philippe II. On a même attribué à cette maladie la mort de plusieurs de ces personnages.

Ainsi que je l'ai déjà dit, les partisans de l'hypothèse des générations dites spontanées pensaient que les Puces naissaient de la poussière et d'autres matières inertes; mais en 1682, Leeuwenhoek constata que ces Insectes pondent des œufs et se multiplient par la voie de la génération ordinaire; il fit connaître en même temps les métamorphoses qu'ils subissent dans le jeune âge (*b*).

(2) Swammerdam n'eut pas l'occasion d'observer la manière dont les œufs sont introduits dans le tissu de la plante, qui, en se développant, constituera une galle, mais il constata que ces œufs donnent naissance à des larves qui, après s'être nourries de la substance végétale dont elles sont entourées, se transforment en Insectes ailés qui produisent à leur tour des œufs semblables à ceux dont elles étaient elles-mêmes sorties (*c*).

(*a*) Swammerdam, *Biblia Naturæ*, t. II, p. 723 et suiv.
(*b*) Leeuwenhoek, *Arcana Naturæ detecta*, epist. LXXVI (*Opera*, t. II, p. 323).
(*c*) Burdach, *Traité de physiologie*, t. I, p. 39.

l'hypothèse des générations spontanées (1), si, vers la fin du XVII[e] siècle, une découverte importante, en reculant les limites de l'observation possible, n'eût fait naître d'autres difficultés pour l'explication desquelles on eut de nouveau recours à des suppositions analogues à celles dont la fausseté venait d'être reconnue pour tous les cas susceptibles d'être étudiés d'une manière approfondie.

Découverte des Infusoires

En examinant au microscope de l'eau pluviale qui était restée exposée à l'air, Leeuwenhoek (2) y découvrit une multitude d'êtres animés, d'une petitesse extrême, qui n'y existaient pas au moment où il avait recueilli ce liquide. Il constata aussi que des Animalcules microscopiques analogues se développent par myriades dans l'eau où l'on fait infuser des matières organiques, par exemple du poivre ou du foin, et il ouvrit ainsi un champ nouveau aux investigations des observateurs ainsi qu'aux hypothèses des physiologistes spéculatifs (3). De bonne

(1) En 1737, Réaumur disait : « Nous n'avons plus besoin de combattre le sentiment absurde dans lequel on a été pendant si longtemps sur l'origine des Insectes des galles ; il n'est plus de philosophe qui osât soutenir avec les anciens, peut-être même n'en est-il plus de capable de penser que quelques parties d'une plante peuvent, en se pourrissant, devenir un Ver, une Mouche, en un mot un Insecte, qui est un assemblage de tant d'admirables organes (a). » Les observations de ce grand naturaliste sur la génération des Insectes qui se développent dans l'intérieur des plantes sont pleines d'intérêt et d'une exactitude parfaite.

(2) Voyez tome I, page 42.

(3) Les premières observations de Leeuwenhoek sur le développement des Animalcules microscopiques dans l'eau pluviale datent de 1675, mais ne furent publiées que quelque temps après. Il constata aussi la présence de ces petits êtres dans de l'eau de puits, dans de l'eau provenant de la fonte des neiges, et dans l'eau de la mer. Enfin, il vit ces Animalcules se développer en très-grand nombre dans de l'eau où il avait fait infuser du poivre (b). Afin de donner une idée de la petitesse et de l'abondance de ces Animalcules, Leeuwenhoek chercha à calculer combien une seule goutte d'eau pouvait en contenir, et il arriva à cette conclusion que, dans certains cas,

(a) Réaumur, *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, t. III, p. 474.

(b) A. Van Leeuwenhoek, *Letter concerning little Animals by him observed in rain water and snow water ; as also water containing pepper had lain infused* (*Philos. Trans.*, 1678, t. XII, p. 821).

Hypothèses relatives à l'origine de ces Animalcules.

heure quelques naturalistes attribuèrent cette production d'Animalcules à une sorte d'ensemencement d'œufs ou de germes qui, engendrés par d'autres Animalcules de même espèce, auraient été entraînés par les vents et flotteraient dans l'atmosphère au milieu des poussières dont l'air est toujours plus ou moins chargé (1). Mais d'autres auteurs, ne pouvant apercevoir ni œufs ni germes de ce genre, crurent préférable d'expliquer la naissance de ces petits êtres comme les anciens expliquaient la formation des Abeilles d'Aristée ou la multiplication des Rats de l'Égypte, c'est-à-dire en supposant que la matière inorganique ou morte, soumise à l'action de la chaleur et de l'humidité, posséderait la faculté de s'organiser et de constituer des êtres animés, lesquels vivraient sans avoir reçu la vie d'un autre corps vivant; ou, en d'autres termes, ils attribuaient l'apparition de ces Animalcules à une génération dite *spontanée*.

Vers le milieu du siècle dernier, ces questions ardues occupèrent beaucoup l'attention des naturalistes, et donnèrent naissance à deux hypothèses opposées qui ont eu trop de célébrité pour que je n'en dise pas quelques mots.

il pouvait y en avoir plus de vingt-sept millions (*a*). Enfin, il constata avec beaucoup de soin que les Animalcules de l'eau pluviale n'existaient pas dans ce liquide au moment de sa chute, et qu'ils s'y étaient développés quelques jours après (*b*).

(1) Henry Baker, l'un des micrographes les plus laborieux du XVIII[e] siècle, interpréta de la sorte les faits observés par Leeuwenhoek et par lui-même, relatifs au développement des Animalcules dans l'eau exposée à l'air, et contenant des matières nutritives (*c*). Ce fut aussi l'hypothèse que Spallanzani et quelques autres auteurs adoptèrent pour expliquer l'apparition des Animalcules dans les infusions (*d*).

(*a*) Leeuwenhoek, *Letter wherein some Account is given of the Manner of his observing so great a number of living Animals in diverse sorts of water*, etc. (*Philos. Trans.*, 1678, t. XII, p. 844).

(*b*) Leeuwenhoek, *Another Letter concerning his Observations on rain water* (*Philos. Trans.*, 1702, t. XXIII, p. 1152).

(*c*) Baker, *The Microscope made easy*, 1742, p. 69.

(*d*) Spallanzani, *Opuscules de physique animale et végétale*, trad. par Senebier, 1787, t. I, p. 232 et suiv.

En réfléchissant sur les phénomènes naturels plutôt qu'en observant la nature, un philosophe génevois, Bonet, fut conduit à penser que non-seulement un Animal ne pouvait se constituer de toutes pièces et prendre vie sans avoir été engendré par un Animal préexistant, mais qu'il ne pouvait être une création de celui-ci; que le jeune se développait dans le corps de sa mère sans être en réalité formé par elle, et qu'il y préexistait à l'état de germe. Appliquant ensuite ce mode de raisonnement à la série des êtres dont cette mère était elle-même descendue et à la progéniture future de ses produits, Bonet arriva à penser que le premier individu de chaque race devait contenir, inclus les uns dans les autres, les germes de tous les individus dont il était destiné à être la souche, de sorte que tous ces individus auraient existé à l'état de germes dès la création du Règne animal, et n'auraient fait que se développer à mesure qu'ils se seraient dépouillés successivement des enveloppes constituées par des germes placés moins profondément. C'est cette hypothèse singulière que l'on connaît sous le nom de ***théorie de l'emboîtement des germes***. Notre imagination s'en effraye comme de l'idée de l'infini, et cependant Cuvier considéra cette manière d'envisager le mystère de la multiplication des êtres vivants comme étant préférable à toute autre (1).

Emboîtement des germes

Buffon, dont les conceptions nous charment toujours par leur grandeur, lors même qu'on ne saurait les considérer comme l'expression des faits acquis à la science, se plaça à un autre point de vue, et, adoptant en partie les idées de Maupertuis sur l'attraction élective des molécules (2), il regarda la

Molécules organiques de Buffon.

(1) J'ai souvent entendu Cuvier s'expliquer à ce sujet dans la conversation, et son opinion a été recueillie par son collaborateur Laurillard (*a*).

(2) Maupertuis, dont la célébrité est due surtout au voyage qu'il fit en Laponie avec Clusant et quelques autres savants pour vérifier les idées de

(*a*) Laurillard, *Éloge de Cuvier* (*Recherches sur les ossements fossiles*, édit. in-8, t. I, p. 57).

vitalité comme étant une propriété indestructible, non pas de la matière en général, mais de la matière organisée, c'est-à-dire de la substance constitutive des êtres vivants; il pensa que chaque molécule de cette matière vit par elle-même, et que la manière dont son activité physiologique se manifeste, dépend de son mode d'association avec d'autres molécules organiques. Le corps d'un Animal ou d'une Plante ne serait donc qu'une réunion d'une multitude d'êtres vivants ayant chacun leur individualité, et susceptibles de se réunir de mille manières différentes pour constituer autant d'autres Animaux ou d'autres Plantes; ce que nous appelons la mort d'un de ces êtres complexes ne serait alors que la dissolution d'une de ces associations, et les molécules organiques ainsi mises en liberté continueraient à vivre isolément, ou entreraient dans de nouvelles combinaisons pour former d'une part les Monades, par exemple, d'autre part quelque corps vivant plus complexe, tel qu'un Insecte ou un Quadrupède.

Telle est, en peu de mots, l'essence de la théorie dite des molécules organiques de Buffon, théorie d'après laquelle les Animalcules qui naissent dans les infusions ne seraient que des molécules des matières animales ou végétales mises en liberté par la destruction de l'association physiologique dont elles

Newton touchant l'aplatissement de la terre aux pôles, combattit fortement la théorie de la préexistence et de l'emboîtement des germes. Il crut pouvoir expliquer la formation des organismes en supposant que les molécules de la matière organisable sont douées d'une sorte d'attraction élective en vertu de laquelle ces atomes se rapprocheraient et s'uniraient dans certains rapports, de façon à donner naissance à des assemblages analogues à ceux dont ces mêmes molécules proviennent, propriété qu'il comparait tantôt à l'affinité chimique ou à l'attraction en vertu de laquelle les parties constitutives d'un cristal se réunissent suivant un ordre déterminé, tantôt à une sorte d'instinct ou de souvenir d'un état antérieur. Les premiers écrits de Maupertuis sur ce sujet parurent peu d'années avant ceux de Buffon (*a*).

(*a*) Maupertuis, *Vénus physique*, 1744 (*Œuvres*, t. II, p. 3).
— *Essai sur la formation des corps organisés*, Berlin, 1754 (*Œuvres*, t. II, p. 139).

faisaient préalablement partie, et redevenues actives isolément après avoir cessé de manifester leur puissance vitale par un genre d'activité dépendant de leur mode de réunion en un organisme complexe. Ce serait cette matière organique, et par conséquent vivante, qui, retenue dans l'intérieur de certains Animaux ou de certaines Plantes, formerait des Vers intestinaux ou d'autres parasites. Enfin, ce seraient encore ces molécules organiques qui, en s'associant dans l'intérieur des organes de la reproduction d'un être vivant, imitant le mode d'assemblage des molécules dont le corps de celui-ci se compose, rempliraient une sorte de moule virtuel fourni par cet organisme préexistant, et constitueraient ainsi l'embryon destiné à perpétuer sa race (1).

Renouvellem de l'hypoth des génération spontanée

L'hypothèse de la multiplication des êtres animés sans l'intervention d'Animaux engendreurs, et par le jeu seulement des forces physiques ou chimiques dont la matière inerte est douée, ou, en d'autres termes, l'hypothèse de la génération dite spontanée fut adoptée par la plupart des micrographes du dernier siècle, et elle compte aujourd'hui plus d'un défenseur habile ; mais elle a été sans cesse déplacée, et n'a jamais pu être soutenue d'une manière plausible que sur les confins extrêmes du

(1) Ces idées de Buffon relativement aux propriétés des molécules organiques et à leur rôle dans la multiplication des Animaux, furent basées en grande partie sur les observations microscopiques faites sous ses yeux par Needham (*a*), et on les trouve exposées dans le premier volume de son *Histoire naturelle* (*b*). En lisant ce livre, il faut se tenir en garde contre une multitude d'opinions erronées qui s'y trouvent, et comme l'a déjà fait remarquer M. Flourens, notre célèbre zoologiste y reproduit, au sujet de la génération dite spontanée, toutes les méprises des anciens (*c*). Cependant nous verrons bientôt qu'en restreignant dans certaines limites l'hypothèse des molécules organiques, c'est-à-dire de l'indépendance biologique des particules constitutives de l'économie animale, on est dans le vrai.

(*a*) Needham, *Summary of some late Observations upon Generation, Composition and Decomposition of Animal and Vegetable Substances* (*Philos. Trans.*, 1748, t. XLV, p. 615).
(*b*) Buffon, *Histoire des Animaux*, 1748.
(*c*) Flourens, *Buffon, histoire de ses travaux et de ses idées*, 1844, p. 79.

domaine de l'observation, là où la constatation des faits présentait de grandes difficultés. Les partisans de l'opinion contraire gagnèrent lentement du terrain, et à mesure qu'ils portèrent la lumière à l'horizon brumeux de la science, ils firent rentrer dans la règle commune un grand nombre de cas particuliers où l'origine des êtres vivants par la voie de l'engendrement, n'ayant pu être constatée, avait été niée ; mais en même temps les limites connues de la création biologique ont été reculées, et de nouvelles difficultés de même ordre ont surgi. Pour expliquer ces cas obscurs, on a eu recours, comme jadis, à l'hypothèse de la génération dite spontanée. Ainsi le perfectionnement récent des microscopes a permis de reconnaître que les corpuscules d'une petitesse extrême qui composent les substances appelées *ferments*, la levûre de bière par exemple, sont des êtres vivants, et, pour se rendre compte de l'apparition de ces corpuscules dans les liquides en fermentation, quelques physiologistes ont supposé qu'ils naissaient de la matière inerte sans avoir reçu la vie d'aucun être vivant. La question s'est donc transportée sur ce terrain nouveau, et il est probable que des déplacements analogues éterniseront le débat, car il y aura toujours certains esprits enclins à supposer que là où la filiation des Animaux similaires n'est pas manifeste, on est autorisé à dire que les nouveaux venus n'avaient pas de parents et se sont constitués de toutes pièces sans le concours d'aucun être vivant préexistant. Mais pour ceux qui placent quelque confiance dans les inductions fondées sur l'analogie, la généralisation progressive de la règle commune sera un motif puissant pour croire que l'origine de ces petits êtres ne diffère pas essentiellement de celle des autres Animaux ou de celle des Plantes dont le mode de multiplication a été bien étudié ; que l'obscurité dont leur filiation est encore entourée sera dissipée un jour, et qu'alors ces prétendues exceptions à la grande loi de la transmission de la vie disparaîtront comme ont déjà disparu

les exceptions citées jadis par le crédule Pline ou par le père Kircher.

Quoi qu'il en soit, ces difficultés physiologiques doivent être examinées ici d'une manière attentive, et, pour faciliter l'appréciation des faits et des arguments employés dans la discussion de ces questions ardues, il me paraît nécessaire de préciser nettement les hypothèses ainsi que les idées dont ces hypothèses sont l'expression, puis d'étudier successivement les divers ordres de faits sur lesquels le débat s'établit aujourd'hui.

Distinctio à établi au sujet de l'hétérogé

§ 3. — Les mots *génération* et *spontanée* s'accordent si mal ensemble, que quelques auteurs ont cru utile d'y substituer une expression nouvelle, et de désigner sous le nom d'*hétérogénie* la production d'un être vivant qui ne procéderait pas d'un être de son espèce, qui serait dénué de parents, et qui résulterait d'une génération primordiale ou création. Ces auteurs appellent *homogénie*, la production des Animaux et des Plantes qui sont procréés par des êtres vivants semblables à eux (1). Mais le mot *hétérogénie*, que l'on donne comme synonyme de génération spontanée, de génération primordiale et de génération équivoque, s'applique, comme on le voit, à des choses qui pourraient être très-différentes et qu'il importe de ne pas confondre, savoir :

1° La formation d'un être vivant par l'organisation spontanée de la matière brute ou de la matière morte, sans le concours ou l'influence d'aucun être déjà existant, mode d'origine que, pour la commodité de la discussion, j'appellerai *agénétique*.

2° La formation d'individus vivants par suite de la désassocia-

(1) Un physiologiste allemand dont l'ouvrage a eu beaucoup d'admirateurs en France, Burdach, a introduit ces expressions dans notre langage scientifique (*a*), et aujourd'hui la plupart des *hétérogénistes* les emploient.

(*a*) Burdach, *Traité de physiologie*, trad. par Jourdan, 1837, t. I, p. 8.

tion de parties qui, constituées par l'action vitale d'un Animal ou d'une Plante, et ayant participé à la puissance vitale de cet être, conserveraient la faculté de vivre et de se développer de façon à réaliser certaines formes organiques après que celui-ci aurait été frappé de mort et son organisme détruit ; mode de multiplication que l'on pourrait appeler *nécrogénie*.

3° La formation d'êtres particuliers par l'action physiologique d'un organisme vivant qui leur transmettrait le principe de la vie sans leur imprimer les caractères organiques qu'il possède lui-même ; l'être nouveau serait procréé, mais ne serait pas de la même nature que ses parents et représenterait une autre espèce. J'appellerai *xénogénie* cette descendance d'une souche étrangère (1).

Dans les cas de naissance agénétique, soit que l'être nouveau se constituât avec des matières inorganiques, telles que l'eau, l'acide carbonique et l'ammoniaque, soit qu'il résultât de quelque transformation d'une substance organique, telle que la fibrine, l'albumine ou la cellulose végétale, il ne recevrait le mouvement vital, le principe de la vie, d'aucun être vivant ; la force dont il serait animé appartiendrait tout entière à la matière dont il se compose, et serait une propriété inhérente à cette matière, propriété qui serait tantôt latente, d'autres fois active à la manière de l'affinité chimique ou du mouvement calorifique, et qui se manifesterait de telle ou telle manière suivant les circonstances dans lesquelles cette même matière serait placée. Dans les autres hypothèses, la vie serait communiquée à la matière inerte par un être vivant ; mais, dans le cas de la nécrogénie, il y aurait discontinuité dans la manifestation de cette force acquise, qui deviendrait latente lorsque l'association des molécules organiques ainsi douées deviendrait

(1) J'aurais préféré le nom d'*hétérogénie* si ce mot n'avait déjà reçu une acception différente et beaucoup plus étendue.

inapte à fonctionner en commun, ou, en d'autres mots, lorsque l'individu dont elles font partie serait frappé de mort, mais qui rentrerait en jeu lorsque ces mêmes molécules, redevenues libres, seraient susceptibles de contracter de nouvelles associations.

Au premier abord, toutes ces distinctions peuvent paraître un peu subtiles, mais elles ont en réalité une importance considérable, et c'est en partie pour les avoir négligées que les physiologistes ont souvent discuté d'une manière vague et obscure sur les questions de cet ordre.

Examen de l'hypothèse de la formation agénétique des Animaux

§ 4. — Examinons, en premier lieu, si nous devons croire ou ne pas croire que, dans l'état actuel de la Nature, des êtres vivants naissent par agénésie, et ne tirent leur puissance vitale que de la matière inerte, c'est-à-dire inorganique ou morte, dont ils se composent.

Aujourd'hui cette hypothèse a été assez généralement abandonnée en ce qui concerne les Animaux dont le corps n'est pas trop exigu pour être observable sans l'emploi du microscope (1); mais quelques physiologistes y ont encore recours pour expliquer l'origine de ce qu'ils appellent les *proto-organismes*, c'est-à-dire des Animalcules et des Végétaux d'une petitesse extrême, tels que des Mycodermes et des globules de

(1) Au commencement du siècle actuel, un auteur que les partisans de l'hypothèse des naissances agénésiques citent parfois encore aujourd'hui, Fray, publia un grand nombre d'expériences dans lesquelles il crut avoir constaté la formation spontanée, non-seulement de beaucoup d'Infusoires, mais aussi de Crustacés de la famille des Monocles, de Podures et autres Insectes (*a*). Vers la même époque, Gruithuisen annonça qu'il avait fait naître des Infusoires à l'aide de diverses substances minérales, telles que le granit et l'anthracite (*b*). Plus récemment, Cross assurait avoir fait naître des Acarus en électrisant une pierre vésuvienne humide (*c*).

(*a*) Fray, *Essai sur l'origine des corps organisés et inorganisés*, in-8, 1817.
(*b*) Gruithuisen, *Beiträge zur Physiologie und Eautognosie*, 1812.
(*c*) Cross, *Lettre à M. Roberton* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1837, t. V, p. 640).

ferment, qui naissent souvent dans l'eau exposée à l'action de l'atmosphère ou renfermant des matières organiques en infusion (1).

La plupart des naturalistes pensent au contraire que les êtres microscopiques dont ces infusions se peuplent ont une origine semblable à celle des Animaux ou des Plantes ordinaires, et qu'ils sont le résultat du développement d'œufs, de germes ou de quelque autre sorte de propagules, c'est-à-dire de corpuscules préorganisés qui, engendrés par des êtres vivants, auraient été introduits accidentellement dans le liquide avec les matières que l'on y fait infuser, ou y auraient été déposés par l'atmosphère. On sait, en effet, que les Infusoires sont susceptibles de se reproduire comme le font les êtres

(1) Ainsi, un savant zoologiste de Rouen, M. Pouchet, soutient cette manière de voir avec une grande persévérance, et il a fait sur ce sujet de nombreuses publications (a). Il a été secondé dans ses efforts par M. Joly, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, et par quelques autres naturalistes (b). Enfin, ses opinions paraissent être partagées par l'anatomiste le plus éminent que l'Angleterre possède aujourd'hui, M. Richard Owen (c). Mais ce dernier ne semble pas avoir traité la question expérimentalement, et paraît ne l'avoir envisagée qu'au point de vue théorique.

(a) Pouchet, *Hétérogénie, ou Traité de la génération spontanée, basé sur de nouvelles expériences*. In-8, Paris, 1859.

— *Corps organisés recueillis dans l'air par la neige* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1860, t. L, p. 532 et 572).

— *Moyen de rassembler dans un espace infiniment petit tous les corpuscules normalement invisibles contenus dans un volume déterminé d'air* (*loc. cit.*, p. 748).

— *Genèse des proto-organismes dans l'air calciné et à l'aide de corps putrescibles portés à la température de 150 degrés* (*loc. cit.*, p. 1014).

— *Phénomènes biologiques des fermentations* (*Moniteur scientifique*, 1862, t. IV, p. 545).

— *Études expérimentales sur la genèse spontanée* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1862, t. XVIII, p. 270).

(b) Joly et Ch. Musset, *Recherches sur l'origine, la germination et la fructification de la levûre de bière* (*Moniteur scientifique*, 1861).

— *Réfutation de l'une des expériences capitales de M. Pasteur, suivie d'études physiologiques sur l'hétérogénie* (*Moniteur scientifique*).

— Ch. Musset, *Nouvelles recherches expérimentales sur l'hétérogénie, ou génération spontanée*, thèse, Faculté des sciences de Bordeaux, 1862.

— Joly, *Examen critique du mémoire de M. Pasteur, relatif aux générations spontanées* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Toulouse*, 6e série, 1863, t. I, p. 215).

— Montogazza, *Ricerche sulla generazione degli Infusorii* (extrait du *Journal Lombard des sciences, lettres et arts*, nouvelle série, 1858, t. III).

— Schauffhausen, *Ueber die generatio æquivoca* (*Verhandl. des naturhistorischen Vereines von Bonn*, 1861, *Sitzungsber.*, p. 106).

sés dont la taille est plus considérable; et l'on sait éga-
: que non-seulement des graines et des œufs peuvent
pendant fort longtemps dans un état de vie latente sans
la faculté de reprendre la vie active lorsque les circon-
s sont favorables à l'exercice de leurs facultés (1), mais
s Animalcules adultes peuvent présenter des phéno-
de même ordre et conserver leur vitalité après
été réduits à un état de mort apparente par la dessic-
(2). Enfin nous savons aussi que la dissémination des
cules légers par les courants atmosphériques est chose
Aucun physiologiste ne révoque en doute la puissance
trice des Animalcules et des Végétaux microscopiques,

es graines qui renferment des
grasses susceptibles de deve-
es au contact de l'air perdent
ral assez promptement la fa-
le germer, mais parmi les
en est qui peuvent conserver
ité latente pendant un temps
ment long. Un nombre consi-
de faits de cet ordre ont été cités
de Candolle (*a*), par exemple
ination d'un Haricot qui avait
servé depuis plus de cent ans
in des plantes, dans la collec-
Tournefort (*b*). Robert Brown
até la même propriété chez
ines de *Nelumbium specio-*
nservées depuis plus de cent
ite ans dans l'herbier de
(*c*). L'abbé Audierne a vu lever
nes d'Héliotrope, de Lupulin et de diverses autres plantes qui avaient été trouvées dans un tombeau gallo-romain situé près de Bergerac, et paraissant dater du IVe et du Ve siècle (*d*). Plusieurs auteurs assurent même avoir vu germer des graines qui avaient été conservées depuis la plus haute antiquité dans des étuis de momies égyptiennes; mais la plupart de ces observations ne méritent que peu de confiance, et, dans certains cas de ce genre, les expérimentateurs paraissent avoir été victimes de fraudes pratiquées par les marchands d'antiquités. Il me semble cependant difficile d'expliquer de la sorte un fait de ce genre constaté avec beaucoup de soin par le comte de Sternberg (*e*).

(2) Voyez tome VII, page 526 et suivantes.

. de Candolle, *Physiologie végétale*, t. II, p. 621.
ndin, *Conservation des graines*.
h. de Candolle, *Géographie botanique*, t. I, p. 542.
oulins, *Notice sur des graines trouvées dans des tombeaux romains, et qui ont con- faculté germinative* (*Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*. 1835, t. VII, p. 65).
nberg, *Ueber die Keimung einiger aus ägyptischen Momien erhaltenen Getreide körner* 835, p. 3).

et, pour se convaincre de la possibilité du transport de leurs propagules par la voie que je viens d'indiquer, il suffit de se rappeler la quantité énorme de poussière qui flotte toujours dans l'air, et la difficulté que nous éprouvons à préserver de son contact les objets qui ne sont pas renfermés dans des vases hermétiquement fermés. Des corpuscules bien plus gros et bien plus lourds que ne doivent l'être les propagules en question sont charriés de la sorte à des distances immenses, ainsi qu'on a pu s'en assurer en observant les poussières tombées de l'atmosphère dans les pays situés sous le vent de quelques volcans en éruption (1). Nous savons également que le transport des graines par les courants atmosphériques est un des moyens employés par la Nature pour effectuer la dispersion des espèces végétales à la surface du globe ; et par conséquent en attribuant à des phénomènes analogues l'apparition de corpuscules vivants dans les eaux chargées de matières propres à la nutrition de ces petits êtres, on explique l'origine de ceux-ci d'une manière bien plus plausible qu'en les supposant formés par une génération dite spontanée.

Mais, en science, on ne saurait se contenter d'une probabilité de cet ordre, et, pour se prononcer en faveur de l'une ou

(1) En 1815, lors de l'éruption du grand volcan de Sumbawa, des cendres lancées du cratère furent transportées par les vents jusqu'à Amboine, dont la distance est d'environ 290 lieues. En 1845, les cendres de l'Hécla arrivèrent par la même voie jusqu'en Angleterre, et dans plus d'une éruption du Vésuve, les cendres de ce volcan allèrent tomber en Syrie et à Constantinople.

Comme exemples du transport des corps solides par les courants de l'atmosphère, on peut citer aussi les pluies de Lichens comestibles qui ont lieu parfois en Perse et en Asie Mineure ; les pluies de pollen que l'on observe assez souvent dans les mêmes régions ; enfin, les pluies de petits Crapauds et de petits Poissons qui, dans quelques cas, ont été entraînés au loin par les vents.

Je rappellerai également que la poussière d'eau et de sel marin enlevée à la surface de la mer, et entraînée de la même manière dans l'atmosphère, se répand à une distance considérable dans l'intérieur des terres.

de l'autre des deux hypothèses que je viens d'exposer, il fallait les soumettre à l'épreuve de l'expérimentation, c'est-à-dire chercher à provoquer les phénomènes en question dans des circonstances compatibles seulement avec l'une ou l'autre de ces explications. Spallanzani, dont le nom revient toutes les fois qu'il s'agit d'élucider une des grandes questions de la physiologie générale, fut un des premiers à tenter cette épreuve d'une manière conforme à la saine raison, et quoiqu'il ne parvînt pas à résoudre complétement le problème, il eut le mérite de le bien poser.

Expériences de Spallanzani

Pour décider si les êtres vivants qui se montrent dans une infusion y naissent de propagules ou germes préorganisés, ou s'y forment directement par l'organisation spontanée de la matière non vivante, il fallait examiner si ces Infusoires se développent lorsque l'infusion ne contient rien qui vive, et se trouve placée dans des conditions telles qu'aucun corpuscule vivant ou apte à vivre ne puisse y arriver du dehors (1). Spallanzani suivit cette marche logique, et, afin de remplir les deux conditions essentielles de l'expérience, il eut d'abord recours à la chaleur pour détruire la vie dans tout ce qui pouvait exister dans ses infusions, puis il conserva celles-ci en vases clos afin de les soustraire à l'influence de l'atmosphère, et d'empêcher ainsi toute introduction nouvelle de corpuscules vivants ou viables (2). En effet, il savait que ni les Animaux ni les Plantes ne résistent à une certaine élévation de température, que les graines aussi bien que les œufs perdent la faculté de se développer et de donner naissance à des êtres

(1) Needham fut le premier à tenter des expériences de ce genre (a).

(2) En 1765, Spallanzani publia une première dissertation sur les systèmes de Needham et de Buffon, relativement à l'origine des Infusoires (b); mais ce ne fut qu'en 1777 que parut l'ensemble de ses expériences sur ce sujet (c).

(a) Needham, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1748).

(b) Spallanzani, *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' signori Needham e Buffon* (*Dissertazioni due*, Modena, 1765).

(c) Idem, *Opuscules de physique animale et végétale*, trad. par Senebier, 1777, 2 vol. in-8.

vivants, lorsqu'on les chauffe de la sorte. Pour s'éclairer davantage sur le degré de chaleur incompatible avec la vie, il fit une longue série d'expériences, et il vit que les œufs ainsi que les graines résistent parfois à des températures qui seraient fatales pour les Animaux ou les Plantes qui sont déjà développés, et que cette résistance est plus grande lorsque les corps reproducteurs en question sont secs que lorsqu'ils sont humides ; mais il trouva que la vitalité des uns et des autres était toujours détruite par l'action un peu prolongée de l'eau en ébullition. Il en conclut qu'en faisant bouillir l'eau et les matières organiques mises en infusion, il devait tuer infailliblement tout ce qui pouvait y exister de vivant, et que pour empêcher le développement ultérieur d'êtres vivants dans le liquide ainsi préparé, il suffirait de le renfermer hermétiquement de façon à le soustraire à l'action de l'air, pourvu que la matière inerte ne fût pas capable de s'organiser et de prendre vie spontanément.

Spallanzani prépara de la sorte une série d'infusions qui, après avoir été soumises à l'ébullition, furent placées dans des vases dont les uns étaient ouverts, dont d'autres furent bouchés avec du coton seulement, et d'autres fermés aussi exactement que possible. Dans les premiers, c'est-à-dire dans les vases ouverts, les Animalcules microscopiques ne tardèrent guère à se montrer par myriades, mais dans les autres il n'en trouva que peu, et leur nombre était d'autant moindre que la clôture avait été plus complète (1). Il ne parvint jamais à em-

(1) Baker avait déjà remarqué que si l'on recouvre avec de la mousseline, ou de la toile fine, une infusion de racine ou de foin qui, dans les circonstances ordinaires, donne naissance à des animalcules en grande abondance, on ne voit que très-peu de ces petits êtres s'y développer, et il argua de ce fait pour soutenir que les Infusoires ne s'y forment pas de toutes pièces et naissent d'œufs déposés par l'atmosphère (a).

(a) Baker, *The Microscope made easy*, 1742, p. 69.

pêcher complétement l'apparition de quelques Infusoires d'une petitesse extrême; mais, d'après la tendance générale des faits constatés de la sorte, il se confirma dans l'opinion que ces êtres ne naissent que de germes préorganisés charriés par l'atmosphère et déposés dans les matières en infusion, comme les Plantes naissent dans le sol par le développement des graines qui y ont trouvé gîte et nourriture.

Les expériences de Spallanzani devaient paraître décisives pour tous les Infusoires que ce physiologiste appela des Animalcules d'ordre supérieur; mais il n'en était pas de même pour les êtres encore plus microscopiques, qu'il appela des Animalcules du dernier ordre, et, pour généraliser d'une manière légitime ses conclusions touchant le mode d'origine de tous ces corpuscules vivants, il fallait supposer que les germes de ces Infusoires inférieurs n'avaient pas été tués par les moyens employés utilement pour les autres propagules organisés, ou qu'ils n'avaient pas été arrêtés par la clôture des vases contenant les infusions. Il est vrai que d'autres naturalistes constatèrent que les êtres vivants ne se montrent pas dans les infusions préalablement soumises à l'ébullition et dont la surface est séparée de l'atmosphère par une couche d'huile; pour les empêcher d'apparaître, il suffit aussi de renfermer ces infusions dans un flacon dont le bouchon de verre touche la surface du liquide; mais, dans tous ces cas, l'oxygène de l'air n'arrivait pas à l'infusion, et l'on pouvait supposer que l'absence des Animalcules dépendait du défaut d'air respirable. Pour quelques-uns de ces êtres microscopiques, cette explication n'était guère admissible, car plusieurs expérimentateurs avaient vu des Infusoires se développer dans des liquides en contact avec de l'hydrogène ou avec de l'azote seulement. Cependant l'objection n'était pas sans gravité, et, pour résoudre d'une manière plus satisfaisante la question de l'origine de ces petits êtres, il fallait avoir recours à d'autres expériences.

Autres expériences analogues.

En voici une qui m'a semblé plus concluante. De l'eau et des matières organiques furent placées dans deux longs tubes en forme d'éprouvettes ; l'un de ces tubes, dont les deux tiers étaient occupés par de l'air, fut alors fermé à la lampe par son extrémité supérieure et ensuite plongé dans de l'eau bouillante, ainsi que l'autre tube resté ouvert. Le bain fut maintenu en ébullition pendant le temps nécessaire pour que l'équilibre de température dût s'établir à peu de chose près entre les deux infusions et le liquide extérieur; puis on laissa refroidir les tubes et on les abandonna à eux-mêmes, en ayant soin d'examiner de temps en temps leur contenu à travers leurs parois transparentes. Au bout de quelques jours, je vis des Infusoires se mettre en mouvement dans celui des deux tubes qui était resté en communication libre avec l'atmosphère, tandis que dans l'autre tube dont la clôture hermétique avait précédé l'action présumée mortelle de la chaleur, je ne vis jamais apparaître un seul Animalcule (1).

Quelque temps auparavant, une expérience semblable avait été faite en Allemagne par M. Schultze et avait donné les mêmes résultats ; mais on pouvait encore y faire des objections, car l'air emprisonné dans le vase pouvait avoir été altéré par les matières organiques en infusion, et l'on pouvait supposer que l'absence des Animalcules dans le liquide avait dépendu de cette circonstance. Pour mieux éclaircir la question, le naturaliste que je viens de nommer disposa donc son appareil de

(1) Cette expérience a été faite il y a plus de vingt-cinq ans, et j'en ai souvent rendu compte dans mes cours publics, mais on en a parlé d'une manière fort inexacte dans quelques ouvrages (a), et c'est pour cette raison que j'ai cru devoir en rappeler les détails (b).

(a) Longet, *Traité de physiologie*, t. II, p. 638.

(b) Milne Edwards, *Remarques sur la valeur des faits qui sont considérés par quelques naturalistes comme étant propres à prouver l'existence de la génération spontanée des Animaux* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1858, t. IX, p. 359).

à pouvoir y renouveler l'air à volonté, mais à n'y laisser trer ce fluide qu'après l'avoir purifié en le faisant passer vers un bain d'acide sulfurique. Aucun être vivant ne ontra dans le vase tant que l'air qui y arriva fut ainsi iillé de tout corps organisé ; mais les Infusoires s'y déve- rent lorsqu'on y laissa entrer de l'air ordinaire chargé des ières qui flottent dans l'atmosphère (1).

Pour faire cette expérience, se remplit à moitié, avec de distillée, un flacon de cristal ant des fragments de matières ées, et le ferma avec un bou- raversé par deux tubes coudés ; le plonga dans de l'eau bouil- et pendant que la vapeur se dé- t par les tubes dont je viens de , il adapta à chacun de ceux-ci tit laveur de Liebig, dans l'un s on plaça de l'acide sulfurique tré, tandis que dans l'autre on ne solution de potasse. Ces deux s interceptaient toute communi- entre l'atmosphère et l'intérieur on ; mais pour renouveler l'air elui-ci, il suffisait d'aspirer par mité du laveur contenant de la e. L'air arrivait alors dans le après avoir barboté dans l'acide que. Pendant près de deux mois lu flacon fut renouvelé de la plusieurs fois par jour, et l'on constata que pendant tout ce laps de temps aucun Infusoire ne se montra. On déboucha alors le flacon afin d'y laisser pénétrer l'air librement ; l'infusion ne contenait alors ni moisissures, ni Conferves, ni Animalcules, mais au bout de peu de jours des Monades, des Vibrions et même des Rotateurs s'y développèrent (*a*).

Des expériences faites vers la même époque sur la fermentation putride, par Schwann et par quelques autres chimistes, prouvèrent que l'air pur ne provoque pas ce phénomène, tandis que l'air chargé des matières étrangères qui se trouvent dans l'atmosphère le détermine (*b*). Plus récemment, les expériences de M. Schrœder et de M. Dusch nous apprirent que le principe dont dépend cette altération des matières putrescibles n'est pas un fluide, car, pour l'arrêter au passage, il suffisait de filtrer l'air à travers une couche de coton (*c*).

chultze, *Resultate einer experimental. Beob. über generatio equivoca* (Poggendorff's *der Physik und Chemie*, 1836, t. XXXIX, p. 437). — *Expériences sur les générations* ues (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1836, t. VIII, p. 320).

chwann, *Vorläufige Mittheilung, betreffend Versuche über die Weingährung und Fäul-* ggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*, 1837, t. XLI, p. 184).

re, *Expériences sur la fermentation* (*Bibliothèque universelle de Genève*, 1839, t. XXIII,

lelmholtz *Ueber das Wesen der Fäulniss und Gährung* (Müller's *Archiv für Physiologie*, . 453).

hrœder und Dusch, *Ueber Filtration der Luft in Beziehung auf Fäulniss und Gährung* *für prakt. Chemie*, 1854, t. LXI, p. 485).

Plus récemment, M. Claude Bernard a constaté que si une dissolution de gélatine et de sucre, après avoir bouilli, reste en contact direct avec l'atmosphère, il s'y développe rapidement des végétaux microscopiques, tandis que si l'air n'y arrive qu'après avoir traversé un tube chauffé au rouge, aucun être vivant ne se montre dans le liquide ; d'où ce savant conclut avec raison que les germes de ces êtres vivants sont introduits dans le liquide par l'atmosphère (1).

Observations faites par M. Pouchet, etc.

Tous ces faits étaient favorables à l'opinion de Baker et de Spallanzani touchant l'origine des Infusoires ; mais des résultats négatifs ne sont que rarement suffisants pour la solution d'une question biologique, et, en 1858, quelques naturalistes d'un mérite considérable présentèrent de nouveaux arguments en faveur de l'hypothèse des générations dites spontanées. Ainsi, M. Pouchet assura que les Infusoires apparaissent dans l'eau où l'on fait macérer des substances organisées, lors même que ces matières ont été soumises à une température qui

Enfin, on sait aujourd'hui que ce ferment est constitué par des êtres vivants microscopiques (*a*) ; par conséquent, les résultats constatés par les savants que je viens de citer sont applicables à la question de l'origine des Infusoires.

Je dois ajouter que peu de temps avant sa mort, Jules Haime avait répété dans mon laboratoire, à la Sorbonne, les expériences de M. Schultze, et était arrivé aux mêmes résultats (*b*).

(1) Le végétal qui s'était développé dans le vase ouvert, était le *Penicillium glaucum* (*c*).

M. Dumas est arrivé à des résultats analogues en opérant sur des matières organiques chauffées à 120 degrés, puis placées dans de l'eau artificielle, et mises en contact successivement avec de l'air préalablement chauffé au rouge, ou de l'air chargé de corpuscules organiques qui flottent dans l'atmosphère (*d*).

(*a*) Cagnard-Latour, *Mém. sur la fermentation vineuse* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1837, t. IV, p. 905).

(*b*) Voyez Lacaze-Duthiers, *Lettre sur les recherches de M. Haime concernant les générations spontanées* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVIII, p. 116).

(*c*) Claude Bernard, *Observations relatives aux prétendues générations spontanées* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1858, t. IX, p. 364). — *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme*, t. I, p. 488.

(*d*) Dumas, *Observations relatives aux prétendues générations spontanées* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1858, t. IX, p. 365).

avoisine celle de l'eau bouillante et qu'on les soustrait complétement à l'action de l'air non dépouillé de corpuscules étrangers (1). Il me paraissait probable que ce résultat, de même que ceux obtenus jadis par Fray, et que les faits de même ordre invoqués par d'autres naturalistes à l'appui des opinions de M. Pouchet, dépendaient de quelque vice dans le mode d'expérimentation : soit de l'insuffisance de la chaleur employée pour tuer les germes ou autres propagules contenus dans l'eau, dans les matières mises en infusion ou même peut-être adhérentes à la surface interne du vase, soit dans l'imperfection de la clôture de l'appareil ou du défaut de purification de l'air admis dans celui-ci (2). Mais la discussion placée sur ce terrain aurait pu s'éterniser, car elle roulait sur le degré de confiance qu'on devait accorder à l'habileté de l'expérimentateur. Pour avancer la question, il fallait donc de nouveaux éléments

(1) La principale expérience de M. Pouchet a été faite de la manière suivante par ce naturaliste et son collaborateur M. Houzeau. Un flacon bouché à l'émeri fut rempli d'eau, puis fermé hermétiquement et renversé sur une cuve à mercure ; on remplit ensuite aux trois quarts ce vase avec un mélange d'oxygène et d'azote dans les proportions voulues, pour constituer de l'air artificiel, et l'on y introduisit une certaine quantité de foin qui avait été préalablement exposé, durant vingt minutes, dans une étuve dont la température était de 100 degrés. Au bout de quelques jours, des végétations de *Penicillium glaucum* se montrèrent dans l'infusion, et plus tard on y aperçut des Amibes, des Trachélies, des Monades et des Vibrions (*a*). Les faits constatés par M. Pasteur, et dont il sera bientôt question, feront saisir au premier coup d'œil le défaut capital de cette expérience (voy. page 266).

(2) Voyez à ce sujet les remarques présentées à l'Académie, le 5 janvier 1859 (*b*).

(*a*) Pouchet, *Note sur des Proto-organismes nés spontanément dans de l'air artificiel et dans le gaz oxygène* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1858, t. XLVII, p. 979, et *Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1858, t. IX, p. 347).

— Pouchet et Houzeau, *Expériences sur les générations spontanées* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1858, t. XLVII, p. 982, et *Ann. des sciences nat.*, 4e série, t. IX, p. 350).

(*b*) Milne Edwards, *Remarques sur la valeur des faits qui sont considérés par quelques naturalistes comme étant propres à prouver l'existence de la génération spontanée des Animaux* (*Comptes rendus*, t. XLVIII, p. 23, et *Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1858, t. IX, p. 353).

— *Observations sur la question des générations spontanées*, par MM. Payen, de Quatrefages, Claude Bernard et Dumas (*Comptes rendus*, t. XLVIII, et *Ann. des sciences nat.*, 4e série, t. IX, p. 360).

de conviction, et des preuves qui me paraissent décisives ne tardèrent pas à nous être fournies par les belles expériences de M. Pasteur (1).

Expériences de M. Pasteur.

Jusqu'alors l'existence de propagules ou de germes d'Infusoires dans l'atmosphère était une hypothèse plausible pour expliquer l'origine de ces êtres d'une manière conforme aux lois générales de la reproduction ; mais c'était une supposition seulement, et l'on n'avait pu ni voir ni saisir ces corpuscules reproducteurs. M. Pasteur, en faisant passer de l'air à travers divers corps qui remplissaient l'office de filtres, du coton ou de l'amiante, par exemple, est parvenu à arrêter ces germes ou propagules, et, en les semant dans des infusions placées dans des vases hermétiquement fermés, il a pu déterminer à volonté le développement d'êtres vivants dans des conditions où aucun phénomène vital ne se serait manifesté si cet ensemencement n'avait eu lieu. Ses expériences ont été instituées de manière à éviter toutes les causes d'erreur qu'il nous est possible d'imaginer, et les résultats qu'elles lui ont fournis me paraissent inattaquables. Les arguments à l'aide desquels M. Pouchet, M. Joly et quelques autres naturalistes ont cherché à les renverser ne me semblent avoir aucune valeur, et, sans m'arrêter à les réfuter (2), je me bornerai à citer ici quelques

(1) Les recherches de M. Pasteur sur la génération dite spontanée furent d'abord communiquées à l'Académie des sciences dans une série de notes (*a*), puis réunies et coordonnées dans un mémoire où toutes les questions abordées par cet habile expérimentateur sont discutées d'une manière approfondie (*b*).

(2) Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux publications faites par ces divers naturalistes (c), aux dis-

(*a*) Pasteur, *Expériences relatives aux générations dites spontanées* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1860, t. L, p. 303, et *Ann. des sciences nat.*, 4e série, t. XII, p. 85).
— *De l'origine des ferments. Nouvelles expériences relatives aux générations dites spontanées* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1860, t. L, p. 849).

(*b*) Pasteur, *Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère, et examen de la doctrine des générations spontanées* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1861, t. XVI, p. 5).

(c) Voyez ci-dessus, page 254.

parties du beau travail de M. Pasteur, car les détails qu'il donne suffiront, je pense, pour convaincre tous les esprits impartiaux, et montrent combien il est facile de laisser passer inaperçues des causes d'erreur.

M. Pasteur constata d'abord que si l'on place dans un ballon de verre une dissolution de sucre mêlée à des substances albuminoïdes et à une petite quantité de matières minérales provenant de l'incinération de la levûre de bière ; si l'on bouche ensuite ce ballon en étirant à la lampe son col effilé, et si, après avoir effectué cette clôture hermétique, on chauffe le liquide à 100 degrés, la fermentation ne s'y établit pas. Il ne s'y développe ni globules de ferment, ni Mucédinées, ni aucune autre espèce d'êtres vivants, lorsqu'on fait pénétrer dans le ballon ainsi disposé de l'air qui a été calciné en passant à travers un tube chauffé au rouge, et qui, après avoir été purifié de la sorte, n'a pu se charger d'aucun corps organisé. Cette expérience, répétée un grand nombre de fois, a toujours donné, entre les mains de M. Pasteur, le même résultat. Les choses se passaient encore de la même manière lorsqu'une certaine quantité des poussières organisées qui flottaient dans l'atmosphère, et qui avaient été recueillies par la filtration de l'air, fut placée dans le col du ballon de façon à ne pas subir l'influence destructive de la chaleur et à ne pas arriver dans le liquide mis en expérience ; mais, lorsque après avoir laissé

cussions qui ont eu lieu entre M. Pasteur et ses antagonistes, dans des réunions scientifiques tenues à la Sorbonne en 1862 (*a*), et aux autres publications faites sur ce sujet par divers auteurs (*b*).

(*a*) Voyez la *Revue des Sociétés savantes, sciences mathématiques physiques et naturelles*, 1862, t. I, p. 64 et suivantes.

(*b*) Lavallée Poussin, *Le viviparisme et la question des générations spontanées* (extrait de la *Revue catholique de Louvain*, 1862).

— Joberd, *De la génération spontanée* (*le Progrès international*, Bruxelles, 28 août 1861).

— G. Gallo, *Sulle generazioni spontanee* (*Giornale di farmacia*, 1860).

— Salimbeni, *Sulla eterogenia ovvero sulla generazione spontanea*. Modena, 1863.

— Voyez aussi les publications déjà citées pages 254 et suivantes.

l'appareil dans cet état pendant un temps plus ou moins long, on l'inclinait de façon à faire tomber cette poussière dans le bain chargé de sucre et d'albumine, on voyait toujours des signes de fermentation se manifester promptement dans le liquide, et au bout de quelques heures des productions organiques s'y développer. Le point où ces poussières tombaient dans le bain était toujours celui où les végétations commençaient, et si ces mêmes corpuscules, au lieu d'être portés directement dans l'infusion, étaient exposés préalablement à une température d'environ 100 degrés, ils restaient inactifs, et la production d'Infusoires n'avait pas lieu. Mais pour dépouiller complétement de ces propagules les instruments ou les matières employés dans ces expériences, il faut des précautions parfois minutieuses. Ainsi, M. Pasteur a constaté que les germes déposés par l'atmosphère à la surface d'un bain de mercure peuvent suffire pour rendre les gaz qui traversent ce liquide aptes à produire des phénomènes de génération prétendue spontanée; l'air, en passant dans le mercure, peut se charger de ces germes, les porter avec lui dans les infusions, y introduire des principes de vie et y faire naître des êtres organisés dont la multiplication est rapide. Cela nous explique comment, dans beaucoup d'expériences où les naturalistes croyaient s'être mis à l'abri de toute cause d'erreur, les infusions sur lesquelles ils opéraient avaient pu se peupler d'Animalcules sans que l'origine de ces petits êtres ait été due à un phénomène agénétique.

En effet, ces corpuscules organisés qui flottent dans l'atmosphère, et qui, en tombant dans un liquide approprié à leurs besoins, se développent en Animalcules ou en Végétaux microscopiques, et pullulent avec une rapidité extrême, de façon à donner promptement naissance à une population innombrable, sont pour la plupart d'une petitesse

extrême (1), et peuvent être déposés indifféremment sur la surface de tous les objets employés dans les expériences de ce genre, sur les matières organiques mises en infusion dans l'eau, sur la paroi interne du vase, dans les interstices des bouchons servant à clore l'appareil, ou dans l'air qui est emprisonné dans celui-ci ou qui y pénètre du dehors. La valeur de l'expérience comme argument dans le débat relatif à l'origine des Infusoires qui se montrent dans une infusion que l'on suppose avoir été séquestrée complétement et préalablement purgée de tout corps étranger, dépend donc entièrement du succès avec lequel l'expérimentateur se débarrasse de tout germe viable contenu de son appareil, et empêche ensuite des corpuscules de ce genre d'y pénétrer. Or, la destruction de la propriété germinative des propagules en question ne se fait pas toujours aussi facilement que l'on pourrait le croire de prime abord. Nous savons, par les expériences de Doyère, que certains Animalcules, lorsqu'ils sont convenablement desséchés, peuvent supporter des températures qui dépassent de beaucoup celle de l'eau bouillante (2), et l'on a constaté aussi que les germes de quelques végétaux microscopiques ne sont pas tués par la chaleur des fours où se fait la cuisson du pain (3). On comprend donc que, dans beaucoup de

(1) M. Pouchet pense que les œufs de Vorticelles sont au contraire d'un volume relativement très-considérable : savoir, $0^{mm},04$ (*a*) ; mais ce qu'il a pris pour des œufs étaient probablement des Vorticelles enkystées (*b*).

(2) Voyez tome VII, page 529.

(3) Ce fait a été constaté par M. Payen, à l'occasion de ses recherches sur les causes de la coloration du pain de munition en rouge (*c*), observée à Paris il y a quelques années (*d*).

(*a*) Pouchet, *Note sur le développement et l'organisation des Infusoires* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1849, t. XXVIII, p. 82).

(*b*) Claparède et Lachmann, *Études sur les Infusoires et les Rhizopodes*, 1861, t. II, p. 81.

(*c*) Payen, *Op. cit.* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1859, t. XLVIII, p. 30).

(*d*) Lesunie, *Rapport sur une altération extraordinaire du pain de munition* (*Ann. de chimie et de physique*, 3ᵉ série, 1843, t. IX, p. 5).

cas, la chaleur employée en vue de détruire la vitalité des corpuscules contenus dans une infusion ou dans les parties accessoires de l'appareil, ait pu être insuffisante, et que des germes emprisonnés dans le vase avec les substances que l'on croyait dépouillées de toute matière vivante aient pu échapper à cette cause de destruction. Un seul de ces corpuscules invisibles, même pour notre œil armé d'une loupe ordinaire, pourrait suffire pour peupler le liquide séquestré; car lorsque les circonstances sont favorables, ces petits êtres se reproduisent avec une grande rapidité, et leur fécondité est extrême (1). Si l'on écarte d'une manière judicieuse les causes d'erreur, on voit que les êtres vivants ne se montrent jamais là où des germes vivants (2) n'ont pu arriver du dehors : ainsi, dans une des séries d'expériences faites par M. Pasteur pour empêcher le développement d'Infusoires au sein des infusions placées dans des ballons de verre restés ouverts, il a suffi de recourber le col de ces vases de façon que la poussière tombant verticalement dans l'atmosphère ne pût y pénétrer (3).

Il est aussi à noter que si la naissance des Infusoires était due

(1) D'après les calculs de M. Ehrenberg, il paraît qu'en mettant en expérience un Rotateur, on peut obtenir au dixième jour un million de ces petits êtres; 4 millions le onzième jour, et 16 millions le seizième jour. Pour les Infusoires dits *polygastriques*, la progression serait encore plus rapide, car, d'après M. Ehrenberg, le premier million serait obtenu dès le septième jour, et la multiplication pourrait devenir plus considérable encore si les circonstances étaient favorables (a).

(2) J'emploie ici le mot *vivant* dans son acception la plus large, c'est-à-dire pour exprimer l'idée de la vie latente des graines et des œufs, aussi bien que de la vie sensible de l'être qui végète ou qui exerce de toute autre manière ses fonctions biologiques.

(3) Je dois ajouter que les expériences de M. Pasteur, répétées par quelques autres naturalistes, n'ont pas

(a) Ehrenberg, *Recherches sur le développement et la durée de la vie des Animaux infusoires* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1834, t. I, p. 207).

seulement aux propriétés de la matière organique, de l'eau et de l'air, la production de ces êtres microscopiques devrait avoir constamment lieu, quand ces corps inertes sont en présence et que la température est convenable pour le développement de pareils produits ; de même que du sulfate de chaux se forme toutes les fois que le chimiste verse de l'acide sulfurique sur de la craie. Or, M. Pasteur a constaté qu'il n'en est pas ainsi, et que la proportion des cas dans lesquels une infusion se peuple d'êtres vivants devient d'autant plus faible que les circonstances dans lesquelles on opère sont moins favorables à l'existence de corpuscules organisés en suspension dans l'atmosphère. Ainsi, en faisant des expériences comparatives avec de l'air puisé au milieu d'une grande ville, ou dans une cave profonde, dans un champ cultivé ou au sommet d'une haute montagne, au milieu de neiges éternelles qui s'opposent à toute végétation, M. Pasteur a vu que tantôt les Infusoires ne manquaient pas d'apparaître dans tous ses vases, tandis que d'autres fois il n'en obtenait que dans cinq vases sur vingt, ou même dans un seul, tandis que les dix-neuf autres restaient stériles. Plus les conditions dans lesquelles il se plaçait étaient défavorables au transport des germes végétaux ou animaux par les courants atmosphériques et au dépôt de ces poussières viables dans ses infusions, moins il y avait de chance d'obtenir dans celles-ci la naissance des Animalcules ou des Végétaux microscopiques dont les hétérogénistes attribuent la formation

donné les mêmes résultats (a), mais je pense que cela devait dépendre de quelque défaut dans les procédés opératoires employés par ces derniers auteurs ; car les expériences dont M. Pasteur m'a rendu témoin, et dont les résultats ont été placés sous les yeux de l'Académie, me semblent à l'abri de toute cause d'erreur et me paraissent être complétement probantes.

(a) J. Wyman, *Experiments on the Formation of Infusoria in boiled Solutions of Organic Matter enclosed in hermetically sealed Vessels and supplied with pure Air* (*American Journal of Science*, 1862, t. XXXIV).
— Musset, *Nouvelles recherches expérimentales sur l'hétérogénie*, thèse. Bordeaux, 1862.

à la matière employée de la même manière dans toutes les expériences (1).

Conclusion. Nous voyons donc que chacune des prétendues exceptions à la loi de la formation des êtres vivants par voie de génération a disparu de la science dès que l'on en eut fait une étude approfondie. Lorsque la peuplade sauvage de l'une de ces îles qui sont isolées au milieu du grand Océan, vit pour la première fois des matelots jetés sur ses côtes par quelque naufrage, elle crut, dit-on, que ces étrangers étaient descendus du ciel, ou nés, comme les Poissons, au fond des eaux; mais elle ne tarda pas à reconnaître qu'ils venaient d'une terre inconnue située au delà des limites étroites de l'horizon, et dès lors elle n'attribua plus à une autre origine les nouveaux arrivants qu'elle vit aborder dans ses domaines, lors même qu'elle

(1) Pour faire ces expériences, M. Pasteur plaça dans des ballons de verre les infusions reconnues propres à être le siége des générations prétendues spontanées, mais ne contenant rien de vivant; puis il fit le vide dans ces vases et les ferma hermétiquement. Les ballons ainsi préparés furent ensuite transportés dans les lieux dont on voulait étudier l'air; là on les ouvrit pour laisser entrer ce fluide, et aussitôt après on les ferma de nouveau en prenant toutes les précautions désirables pour empêcher l'introduction de corps étrangers.

Dans onze ballons préparés de la sorte et remplis avec de l'air pris dans la cour de l'Observatoire à Paris, le développement d'Infusoires ne fit défaut nulle part; mais sur dix ballons remplis d'air dans la cave de cet établissement où la température est constante, et où par conséquent il n'y a que peu de courants, neuf restèrent stériles et un seul donna des Infusoires.

Dans une autre expérience, M. Pasteur opéra de la même manière sur soixante ballons, dont vingt furent ouverts dans la campagne, loin des habitations, au pied du Jura, dont un pareil nombre fut ensuite ouvert au sommet d'une des montagnes de cette chaîne, dont l'altitude est de 850 mètres au-dessus du niveau de la mer; enfin les vingt autres furent remplis d'air sur le flanc du Mont-Blanc, près de la mer de glace, à une élévation de 2000 mètres.

Dans la première série de ballons, les Infusoires se montrèrent dans neuf de ces vases et onze restèrent stériles.

Dans la deuxième série, celle des ballons ouverts au haut du Jura, les Infusoires ne se développèrent que dans cinq vases, et dans les quinze

put apercevoir le navire qui les y avait transportés. Les isans de l'hypothèse de la naissance agénétique des Ani-cules dont les infusions se peuplent me semblent raisonner a même manière que ces insulaires ignorants, lorsque :-ci n'avaient pas encore appris qu'ils n'étaient pas les seuls tants de notre globe, et que la mer n'était pas un obstacle inchissable pour les peuples civilisés. Mais je pense qu'à ngue ces physiologistes se laisseront convaincre par des rvations analogues à celles qui ont dû dissiper peu à peu erreurs des Océaniens dont je viens de parler; et que tôt ard tous les naturalistes seront d'accord pour reconnaître la même loi fondamentale régit la production du chêne

s il n'y eut aucun indice d'acti-itale.

fin, dans la troisième série, celle allons ouverts sur le Mont-Blanc, euf de ces vases restèrent stériles seul se peupla d'Infusoires (*a*).

, cette stérilité des infusions em-es dans les expériences faites à andes altitudes où l'air est pur, épendait en aucune façon de la e des matières dont ces infusions nposaient, car un des ballons clos pendant plus de trois ans été ouvert et placé dans des con-s où les poussières charriées par osphère peuvent y tomber, donna nfusoires dans l'espace de quel-jours (*b*).

s expériences analogues ont été récemment dans les Pyrénées Maladetta) par MM. Pouchet, Joly et Musset; mais les résultats obtenus ne furent pas les mêmes que dans les cas dont je viens de parler. Ces physiologistes, ayant opéré sur huit ballons, virent des Infusoires se développer dans tous (*c*). Peut-on en conclure que les faits annoncés par M. Pasteur sont inexacts? Évidemment non. Les expériences de MM. Pouchet, Joly et Musset, en supposant qu'elles aient été bien faites, prouveraient seulement que dans le lieu et au moment où les huit vases de ces naturalistes ont été remplis d'air, l'atmosphère était chargée de plus de poussières organiques qu'il n'y en avait au haut du Jura au moment où M. Pasteur s'y rendit. Ces expériences ne fournissent donc aucun argument solide à l'appui de l'hypothèse de l'hétérogénie.

Pasteur, *Mém. sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère* (*Ann. des es nat.*, 4ᵉ série, 1861, t. XVI, p. 75 et suiv.).
Pasteur, *Note en réponse des observations critiques, etc.* (*Comptes rendus de l'Acad. des es*, 1863, t. LVII, p. 724).
Expériences sur l'hétérogénie exécutées dans l'intérieur des glaciers de la Maladetta (*es rendus de l'Acad. des sciences*, 1863, t. LVII, p. 358).

et des moindres moisissures, celle de l'homme et de la monade; en un mot, la naissance de tout ce qui est doué de vie.

Examen de l'hypothèse de la production des Animaux par nécrogénésie.

§ 5. — En attendant, je ne m'occuperai pas davantage ici de cette question sans cesse résolue et sans cesse reproduite depuis le temps d'Aristote jusqu'à nos jours; et laissant de côté l'hypothèse de l'origine agénésique des Animaux, je me hâte d'aborder l'examen d'un autre point de l'histoire de la multiplication de ces êtres : l'hypothèse de leur production par ***nécrogénésie.***

Dans l'état actuel de la science, il serait oiseux de discuter la portion des idées de Buffon qui sont relatives à l'indestructibilité de la matière organisable et à l'impuissance où seraient les êtres vivants d'en former de toutes pièces. Effectivement on sait que les Plantes et même que certains Animaux inférieurs peuvent, avec de l'eau, de l'acide carbonique, des sels ammoniacaux et d'autres matières minérales, fabriquer pour ainsi dire les composés chimiques qui sont nécessaires à la constitution de leurs organes, et former, avec la substance ainsi préparée, des tissus vivants. Sous l'influence des forces vitales, la matière inorganique peut donc devenir de la matière vivante. Mais la théorie des molécules organiques de Buffon, dégagée de ce qui est relatif à l'origine de la matière vivante, ne choque aucun des principes fondamentaux de la physiologie, et mérite de fixer notre attention; je m'y arrêterai même d'autant plus volontiers, que l'examen de cette question me fournira l'occasion de parler de divers faits importants à signaler, et qui ne trouveraient peut-être que difficilement leur place dans les autres parties de ce cours.

Ainsi que je l'ai déjà dit (1), Buffon considérait les Animaux et les plantes comme étant formés par l'assemblage d'un certain nombre de molécules organiques douées chacune de la puissance vitale, et réunies dans certains rapports de façon à constituer

(1) Voyez ci-dessus, page 247.

par leur assemblage tel ou tel organisme particulier dont le mode d'activité dépendrait du caractère de cette association, mais dont la destruction ou mort n'influerait en rien sur les propriétés essentielles de la matière vivante des molécules dont je viens de parler, et aurait seulement pour effet de leur rendre leur indépendance individuelle, et de leur permettre de contracter entre elles de nouvelles alliances, d'où résulteraient d'autres organismes. L'idée qu'implique le mot *molécule* ne nous permet pas d'employer ici le langage de Buffon; mais si l'on substitue à cette expression le mot *organite*, on peut dire, avec ce grand naturaliste, que la vie de ces matériaux de l'organisme n'est pas nécessairement liée à la vie générale de l'être dont ils font partie; que chaque organite, devenu un corps vivant sous l'influence de la vie de l'Animal ou de la Plante qui le produit, a une vitalité propre, et peut conserver cette puissance biologique pendant un temps plus ou moins long après avoir cessé d'être uni à ses associés, c'est-à-dire aux autres parties de l'organisme de l'être producteur. Ainsi, les globules hématiques qui flottent dans le fluide nourricier des Animaux, et qui ont été l'objet de nos études au commencement de ce cours, sont, comme nous l'avons vu, des organites libres et vivants, des individus biologiques qui, pendant la période embryonnaire, sont susceptibles de se reproduire par division spontanée ou par bourgeonnement, mais qui meurent promptement lorsqu'ils sortent de leur milieu ordinaire. Les Spermatozoïdes, dont l'étude nous occupera bientôt, sont également des produits de l'organisme qui jouissent d'une vie individuelle, et qui peuvent même conserver leur mode d'activité spéciale pendant longtemps après avoir été séparés de l'être dans l'intérieur duquel ils ont pris naissance. La vitalité propre de beaucoup de parties solides de l'économie animale est également mise en évidence par les signes d'activité qu'elles donnent après leur ablation : chacun sait que les tronçons du corps d'un

Ver de terre continuent à se mouvoir après avoir été séparés, et des expériences récentes relatives aux greffes animales et à la transplantation de fragments de tissus vivants sur des parties éloignées de l'organisme, ou même d'un animal à un autre, prouvent que si les conditions dans lesquelles les parties vivantes se trouvent placées sont favorables à leur existence, elles peuvent continuer à vivre après avoir cessé d'appartenir à l'individu dont elles étaient primitivement des matériaux constitutifs (1).

Dans la prochaine Leçon, nous verrons même que chez cer-

(1) On trouve dans les écrits des chirurgiens un nombre assez considérable d'observations de cas dans lesquels certaines parties du corps humain, après avoir été complétement séparées de l'organisme et avoir été remises en place, s'y sont entées de façon à faire disparaître toute solution de continuité et à continuer de vivre comme elles vivaient avant l'accident. Or, on ne conçoit pas la possibilité d'une soudure semblable entre le corps vivant et une partie réellement morte. On sait que les greffes animales peuvent, dans certaines circonstances, avoir lieu assez facilement, si le fragment appliqué à la surface d'une plaie saine reste pendant un certain temps en continuité de substance avec l'être vivant. C'est sur la connaissance de ces faits que repose le principe de la rhinoplastie, opération dans laquelle le chirurgien fabrique en quelque sorte un nez nouveau à l'aide d'un lambeau de la peau du front. On doit donc penser que dans les cas où des fragments du corps, après avoir été complétement séparés, ont repris de la sorte, ils avaient conservé une vitalité qui leur était propre.

Parmi les histoires de nez coupés d'une manière complète et réintégrés, la plus célèbre et l'une des plus authentiques, au moins en apparence, est celle publiée en 1731, par Garengeot. Un soldat, se battant avec un de ses camarades, fut mordu par celui-ci de façon qu'il lui emporta la presque totalité de la partie cartilagineuse du nez. Le morceau ainsi détaché tomba à terre, et ayant été ramassé et lavé, fut ajusté à sa place naturelle et maintenu avec un emplâtre agglutinatif; la réunion s'opéra promptement, et était complète au bout de quelques jours (a). Le récit de Garengeot, quoique en accord avec quelques observations plus anciennes (b), ne rencontra pendant longtemps que des incrédules ; mais des faits analogues ayant été constatés par plusieurs

(a) Garengeot, *Traité des opérations de chirurgie*, 2e édit., 1731.

(b) Par exemple, celles de Fioravanti, chirurgien du XVIe siècle, de Molinelli et de Winsell voyez Jobert, de Lamballe, *Traité de chirurgie plastique*, t. I, p. 109).

tains Animaux inférieurs, ainsi que chez beaucoup de Végétaux, des fragments de l'organisme, après avoir été détachés, se développent et se complètent de façon à devenir des Animaux ou des Plantes semblables à l'être dont ces fragments proviennent, et que la scissiparité est un des procédés que la nature emploie pour la multiplication des individus.

En se plaçant au point de vue de la théorie, on peut donc concevoir la possibilité d'un phénomène de même ordre qui serait poussé plus loin, et qui aurait pour conséquence la transformation des organites ou éléments anatomiques d'un tissu

autres chirurgiens (*a*), la possibilité de cette soudure est considérée aujourd'hui comme étant démontrée. La plupart des expérimentateurs qui ont essayé de faire des réintégrations de ce genre chez des Chiens ou d'autres Animaux n'ont pas réussi ; mais Dieffenbach y est parvenu une fois (*b*). Dans quelques cas, l'oreille, après avoir été complétement coupée ou arrachée, a pu être réintégrée (*c*), et la réunion entre une portion de doigt et le moignon de cet appendice a été obtenue dans plusieurs circonstances (*d*).

Des lambeaux de peau de la face et

(*a*) Loubet, *Traité des plaies d'armes à feu*, 1753.

— Hoffacker, *Ueber die Anheilung abgehauener Stücke der Nase und Lippen* (*Ann. clin. de Heidelberg*, 1828, t. IV, p. 322)

— Wiesmann, *De coalitu partium a reliquo corpore prorsus disjunctarum*. Lipsiæ, 1824.

— Carlezzi, *Rappicciatura, curazione e total risaldamento di un naso mozzo co' denti*, 1833 (voy. *Gazette médicale*, 1834, p. 634).

(*b*) Dieffenbach, *Nonnulla de regeneratione et transplantatione* (dissert. inaug.), Herbipoli, 1822 (voy. *Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales*, 1830, t. XXXVIII, p. 271).

(*c*) Magnin, *Portion de l'oreille droite entièrement séparée, méthodiquement réappliquée et complétement réunie* (*Bulletin de la Faculté de médecine*, 1818, t. VI, p. 507).

(*d*) Lenhossek, voyez Burdach (*Traité de physiologie*, t. VIII, p. 291).

— Balfour, *Observations on Adhesion with two Cases demonstrative of the Powers of Nature to reunite Parts which have been separated from the Animal System*. In-8, Edimbourg, 1814.

— Bailly, *Case of Reunion of the first Phalanx of the middle Finger* (*Edinburgh Med. and Surg. Journal*, 1815, t. XI, p. 317).

— Schopper, voyez Burdach (*Op. cit.*, t. VIII, p. 291).

— Bronn, *Wieder-Anheilung eines gänzlich abgeschnittenen Fingers* (Rust's *Magazin für die gesammte Heilkunde*, 1823, t. XIV, p. 112.

— Lespagnol, *Observations sur la réunion immédiate d'un doigt qui avait été entièrement coupé et séparé du corps* (*Journal de médecine* de Leroux, 1817, t. XXXIX, p. 273).

— Wiesmann, *Op. cit.*

— Hoffacker, *Op. cit.*

— Houlton, *Case of Adhesion of a divided Portion of a Finger after it had been for some time altogether separated from its Connexions* (*London Med. Repository*, 1826, t. XXV, p. 147).

— Sommé, *Traité de l'inflammation*, 1830, p. 12.

— Pigeolagnel, *Mém. sur la réunion des parties complétement séparées du corps* (*Bulletin de la Société anatomique*, 1830).

— Jobert (de Lamballe), *Traité de chirurgie plastique*, t. I, p. 115.

animal ou végétal en autant d'individus vivants ; et si les utricules, sphérules ou filaments qui constituent ces éléments, et qui conserveront leur vitalité particulière après avoir été désunis,

d'autres parties ont souvent été replacés avec succès (*a*). Le périoste est une des parties dont la vie locale et indépendante paraît pouvoir se conserver le plus longtemps, et dont la transplantation était la plus facile. Depuis longtemps on est parvenu à faire reprendre des fragments d'os qui avaient été détachés par le trépan (*b*), et M. Flourens a constaté que chez les Cochons d'Inde ces fragments du squelette pouvaient être transplantés d'un individu sur un autre (*c*). Des résultats analogues ont été obtenus plus récemment par M. Ollier (*d*), et vers la fin du siècle dernier, Hunter constata le rétablissement des connexions vasculaires entre des dents arrachées et les individus, dans la mâchoire desquels ces parties avaient été replantées (*e*). Les ergots des coqs et d'autres oiseaux reprennent très-bien racine, non-seulement à la place dont ils ont été détachés, mais d'un individu à un autre, et même sur le crâne ; l'appendice ainsi transplanté continue à croître, et acquiert parfois une longueur très-considérable (*f*). Enfin, des portions de nerfs ont été transplantées d'une manière analogue (*g*), et, suivant Hunter, le testicule d'un Coq introduit dans la cavité abdominale d'une Poule y aurait contracté des connexions vasculaires et aurait continué à vivre (*h*). Enfin, chez des Rats, la queue dépouillée de ses téguments a pu être greffée dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un autre individu (*i*).

Le temps écoulé entre l'ablation de la partie et sa réapplication a été par-

(*a*) Baronio, *Degli innesti Animali*. Milano, 1804.
— Velpeau, *Nouveaux Éléments de médecine opératoire*, 2e édit., 1839, t. I.
— Bert, *De la greffe animale*, thèse, 1863, p. 71.

(*b*) Merrem, *Animadversiones quædam chirurgicales experimentis in Animalibus factis illustratæ*. Giessen, 1810.
— Walther, *Wiederein heilung bei der Trepanation ausgebohrten Knochenscheibe* (*J. der Chirurg.* von Graefe und Walther, 1821, t. II).

(*c*) Flourens, *Note sur la dure-mère ou périoste interne des os du crâne* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1859, t. XLIX, p. 227).

(*d*) Ollier, *Recherches expérimentales sur la production artificielle des os au moyen de la transplantation du périoste, etc.* (*Journal de physiologie*, 1859, t. II, p. 12). — *De la production artificielle des os au moyen de la transplantation du périoste et des greffes osseuses* (*Gazette médicale*, 1839).

(*e*) Hunter, *Traité des dents* (*Œuvres*, t. II, p. 83). — *Traité du sang, de l'inflammation, etc.* (*Œuvres*, t. III, p. 290).

(*f*) Duhamel, *Recherches sur la réunion des plaies des arbres, etc.* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1746, p. 350, pl. 28 et 29).
— Hunter, *Traité du sang, de l'inflammation, etc.*, deuxième partie (*Œuvres*, t. III, p. 309 et suiv.).
— Baronio, *Op. cit.*

(*g*) Philipeaux et Vulpian, *Note sur la régénération des nerfs transplantés* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1861, t. LII, p. 849).

(*h*) Hunter, *Op. cit.* (*Œuvres*, t. I, p. 455).

(*i*) Bert, *De la greffe animale*, p. 51.

étaient doués de la faculté de se multiplier par bourgeonnement ou de toute autre manière, ainsi que c'est le cas pour beaucoup de cellules histogéniques, on concevrait aussi la possibilité d'une production d'êtres vivants par suite de la désagrégation de la matière vivante dont se compose le corps d'un Animal ou d'une Plante (1). Enfin, si les corpuscules ainsi mis en liberté avaient la même structure que les Animalcules des infusions, ou étaient susceptibles d'acquérir cette structure par l'effet de leur développement, il n'y aurait aucune raison pour ne pas admettre que les corpuscules dont je viens de parler deviennent

fois très-considérable. Ainsi, M. Velpeau obtint la reprise de la pulpe du doigt, qui n'avait été remise en place qu'une demi-heure après l'ablation de cette partie (a), et M. Ollier a pu opérer, avec non moins de succès, la réintégration d'une portion de doigt qui était séparée depuis quarante minutes (b). On cite des cas dans lesquels le fragment du doigt n'a été replacé que plusieurs heures après l'accident, et s'est cependant consolidé complétement (c). M. Ollier a transplanté avec succès des lambeaux de périoste pris sur des Animaux morts depuis vingt-quatre ou même vingt-cinq heures, et il a constaté que l'influence d'une température basse est favorable à la conservation des propriétés vitales de ce tissu ostéogénique (d). Enfin M. Bert a greffé sous la peau d'un Rat la queue d'un autre Rat mort depuis vingt-quatre heures (e).

(1) Les observations de M. G. Jæger tendent à établir que, dans certaines circonstances, le corps des Hydres se désagrége, et que les cellules élémentaires ainsi mises en liberté continueraient à vivre et s'enkysteraient. Il pense même que ces portions de substance organique se transforment ainsi en Amibes ; mais cette opinion ne paraît pas être fondée, et rien ne prouve que les corpuscules enkystés de la sorte subissent ultérieurement un développement quelconque (f).

(a) Velpeau, *Nouveaux Éléments de médecine opératoire*, 2ᵉ édition, 1839, t. I, p. 619.
(b) Ollier, *Nouvelle note sur les greffes périostiques* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1861, t. LII, p. 1087).
(c) Bailey, *Op. cit.* (*Edinburgh Medical Review*, 1815, t. X, p. 317).
— Regnault, voyez Barthélemy (*Journal hebdomadaire*, t. V, p. 15).
— Carlizzi, *Op. cit.*
(d) Ollier, *Note sur des transplantations d'os pris sur des Animaux morts depuis un certain laps de temps* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1860, t. L, p. 163).
(e) Bert, *De la greffe animale*, thèse. Paris, 1863, p. 53.
(f) Jæger, *Ueber das spontane Zerfallen der Süsswasserpolypen nebst einigen Bemerkungen über Generationswechsel* (*Sitzungsbericht der Wiener Akad.*, 1860, t. XXXIX, p. 321).

des Infusoires, et que ceux-ci soient, par conséquent, des produits de la nécrogénésie (1).

A l'époque où les microscopes n'étaient encore que peu perfectionnés, on croyait généralement à cette identité de structure entre les Infusoires et les éléments anatomiques des tissus; on considérait les uns et les autres comme étant formés seulement par de petites masses d'une substance gélatineuse amorphe, et plus d'un observateur a cru avoir été un témoin oculaire de la transformation de ces particules en Monades ou en Kolpodes, par exemple (2). Mais aujourd'hui on sait que cette

(1) Parmi les micrographes du siècle dernier, qui ont expliqué de la sorte la formation des Animalcules infusoires, je citerai en première ligne Othon Frédérick Müller (*a*). Une opinion assez semblable fut soutenue par Gleichen (*b*), et de nos jours, cette manière de voir a eu beaucoup de partisans : Treviranus, Burdach et M. Pineau, par exemple (*c*). Les vues présentées par M. Gros (de Moscou), au sujet de ce qu'il nomme *génération ascendante*, s'en rapproche et à beaucoup d'égards (*d*).

(2) Lorsqu'en 1822, je commençais à m'occuper de l'étude de ces questions, les microscopes qui étaient entre les mains de la plupart des observateurs étaient si mauvais, qu'on était exposé à une foule d'erreurs, et qu'en voyant les Animalcules, en apparence très-simples, se montrer dans les infusions à mesure que des particules d'une forme analogue se détachaient des tissus organiques en macération, on pouvait être assez facilement induit à croire que c'étaient ces particules elles-mêmes qui, en devenant libres, constituaient des Infusoires. Dans quelques circonstances, il était même très-difficile de ne pas s'en laisser imposer par des apparences trompeuses (*e*). Ainsi, M. Donné, en étudiant au microscope le mouvement ciliaire qui se fait remarquer à la surface de diverses membranes muqueuses, constata que ce mouvement peut persister pendant plus de trente heures sur de très-petits fragments détachés de la membrane pituitaire, et que par la désagrégation de ce tissu, des particules de l'épithélium

(*a*) O. F. Müller, *Vermium terrestrium et fluviatilium historia*, 1773, t. I, p. 21.

(*b*) Gleichen, *Dissertation sur la génération, les Animalcules spermatiques et ceux d'infusion*, trad. de l'allemand, an VII, p. 11.

(*c*) Treviranus, *Biologie*, t. II.

— Burdach, *Traité de physiologie*, t. I, p. 13.

— Pineau, *Recherches sur le développement des Infusoires et des moisissures* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1845, t. III, p. 182).

(*d*) Gros, *De l'embryogénie ascendante des espèces ou générations perfectives équivoques et spontanées* (*Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou*, 1851, t. XXIII). — *Loi nouvelle de la génération ascendante* (*Op. cit.*, 1854, t. XXVII, p. 267). — *Note sur la génération spontanée, etc.* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1852, t. XVII, p. 193).

(*e*) Voyez Dumas, art. GÉNÉRATION, *Dictionnaire classique d'histoire naturelle*, 1825, t. VII, p. 194.

identité de structure n'existe pas ; que dans l'immense majorité des cas, sinon toujours, les Animalcules microscopiques ont en réalité une structure très-complexe, et ne ressemblent aux organites en question que par leur petitesse et leurs formes arrondies ; enfin on sait aussi que les Infusoires se reproduisent comme le font les autres Animaux ou Plantes (1), et, dans l'état actuel de nos connaissances, rien ne vient à l'appui de l'hypothèse de leur production par nécrogénésie (2).

portant des cils s'en séparent, et nagent pendant fort longtemps de manière à simuler exactement autant de Monades (*a*).

(1) Ce sont les belles observations de M. Ehrenberg sur l'organisation des Infusoires, qui ont le plus contribué à saper les bases de cette hypothèse (*b*), et, dans ces derniers temps, le mode de reproduction de ces petits êtres a été étudié de manière à ne laisser aucune incertitude quant à leur multiplication par voie de génération (*c*).

(2) Comme exemple des erreurs dont il est difficile de se préserver dans les recherches sur l'origine des êtres microscopiques, je citerai ici les résultats annoncés il y a quelques années par M. Cienkowski et réfutés ensuite par le même naturaliste. En observant des grains de fécule mis en infusion, il les avait vus s'entourer d'une enveloppe membraniforme, puis se dissoudre peu à peu et être remplacés par des Infusoires (*d*). Ces faits furent constatés aussi par d'autres micrographes, et on les considéra comme démonstratifs de la production d'Animalcules au moyen de l'organisation spontanée de la matière constitutive des grains de fécule (*e*). Mais les recherches ultérieures de M. Cienkowski les ont fait rentrer dans la règle commune ; car ce naturaliste a montré que la prétendue enveloppe membraniforme dont le grain de fécule semblait s'entourer, loin d'être un produit de celui-ci, est en réalité le corps d'un Animalcule préexistant, qui, venant s'étendre sur le corpuscule amylacé, l'entoure pour s'en nourrir, de sorte que les petits êtres vivants qui naissaient ensuite dans l'intérieur de l'espèce de cellule ainsi formée descendaient de cet Animalcule, et non de la matière amylacée incluse (*f*).

(*a*) Donné, *Sur le mouvement ciliaire* (*L'Institut*, 1837, t. V, p. 343).

(*b*) Ehrenberg, *Organisation, Systematik und geographisches Verhältniss der Infusionsthierchen*, 1830 (*Mém. de l'Académie de Berlin*).

(*c*) Balbiani, *Recherches sur les phénomènes sexuels des Infusoires* (*Journal de physiologie*, 1861, t. IV, p. 102).

— Stein, *Die Infusionsthierchen auf ihre Entwickelung untersucht*, 1854.

— Claparède et Lachmann, *Études sur les Infusoires*, t. II, p. 74 et suiv.

(*d*) Cienkowski, *Zur Genesis eines einzelligen Organismus*.

(*e*) Regel, *Professor Cienkowski's Entdeckung um Erzeugung* (*Botanische Zeitung*, 1856, n° 38, t. XIV, p. 665).

— Merklin, *Nachträgliche Bemerkungen zur Kartoffelkrankheit* (*Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou*, 1856, t. XXIX, p. 304).

(*f*) Cienkowski, *Ueber meinen Beweis für die Generatio primaria* (*Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg*, 1859, t. XVII, p. 81).

Hypothèse de la production des Animaux par xénogénésie.

§ 6. — Mais si tout être vivant est produit par un autre être qui vit, et si, dans l'immense majorité des cas, il est facile de voir que les jeunes ainsi formés sont des individus de la même espèce que les parents dont ils proviennent, faut-il en conclure que le Règne animal tout entier est soumis à la loi de l'homogénésie, et, dans quelques circonstances, la puissance génétique ne pourrait-elle s'exercer d'une autre manière, et l'être qui reçoit la vie de tel ou tel Animal ne pourra-t-il pas être essentiellement différent de celui-ci ? Ainsi l'Helminthe qui apparaît dans l'intérieur de l'organisme d'un Poisson, d'un Chien ou d'un Homme n'est-il pas un produit de cet organisme ?

Les parasites diffèrent entre eux suivant les espèces animales où ils vivent ; et quelquefois même suivant les parties du corps où on les rencontre ; souvent les places qu'ils occupent sont situées si profondément et sont si bien fermées de toutes parts, qu'au premier abord on doit supposer que de pareils hôtes n'auraient pu y pénétrer du dehors. Il est aussi à noter que dans un grand nombre de cas on n'aperçoit chez ces parasites aucune trace de l'existence d'organes génitaux. D'autres fois les Helminthes sont pourvus d'un appareil de reproduction, et pondent des œufs ; mais, dans le lieu qu'ils habitent, on ne voit aucun jeune naître de ces œufs, et lors même que ceux-ci en produiraient après leur expulsion au dehors, il resterait encore à expliquer comment cette progéniture pourrait, de là, pénétrer dans le corps d'autres victimes et s'y établir. Enfin, la plupart de ces parasites ont une conformation très-différente de celle des Animaux qui vivent dans le monde extérieur, et ne semblent au premier abord ne pouvoir être assimilés à aucun de ceux-ci.

Ces considérations et beaucoup d'autres arguments analogues avaient porté la plupart des naturalistes à penser que les Vers intestinaux étaient engendrés par l'être dont le corps en est infesté, et, par conséquent, que si ces parasites n'étaient pas le résultat d'un phénomène de nécrogénésie, comme le suppo-

saient les partisans de l'hypothèse des générations spontanées, ils étaient produits par xénogénésie.

Mais aujourd'hui l'origine des Vers intestinaux n'est plus un mystère pour les physiologistes. On sait qu'ils naissent les uns des autres comme le font les Animaux ordinaires; que la plupart d'entre eux subissent, dans le jeune âge, des métamorphoses variées qui les rendent difficiles à reconnaître, et qu'en général ils voyagent nécessairement du corps d'un Animal dans le corps d'un Animal d'espèce différente, pour y achever leur développement et s'y reproduire au moyen d'œufs dont l'évolution ne pourra se faire que dans quelque autre milieu (1). On a pu

Mode de propagation des Vers intestinaux, etc.

(1) Jusque dans ces derniers temps l'apparition des Vers intestinaux dans la profondeur du corps de l'Homme et des autres Animaux était attribuée, par la plupart des naturalistes et des médecins, à un phénomène de génération dite spontanée, et aujourd'hui encore cette manière de voir compte des partisans (a). Quelques auteurs ont cherché à expliquer ces faits par l'hérédité, en supposant que les parasites en question, ou tout au moins leurs germes, étaient transmis aux jeunes par les parents dont ils naissaient (b); mais cette hypothèse a depuis longtemps disparu de la science, et depuis près d'un siècle d'autres zoologistes, dont le nombre va croissant chaque jour, pensent que tout Helminthe provient, par voie de génération, d'un autre Helminthe de son espèce, et arrive dans le corps de l'Animal qui l'héberge à l'état d'œuf, de germe ou de larve, soit avec les aliments ou les boissons, soit de quelque autre manière (c). Cette dernière opinion paraissait d'abord peu conciliable avec beaucoup de faits; mais elle est devenue admissible dès qu'on eut entrevu la possibilité de certaines transformations chez les parasites qui changent de résidence.

Le premier fait important à l'appui de l'hypothèse des transmigrations des Helminthes fut introduit dans la science vers la fin du siècle dernier par un naturaliste danois nommé Abildgaard. Cet auteur constata expérimentalement que les Vers intestinaux qui sont nommés aujourd'hui Schistocéphales,

(a) Bremser, *Traité zoologique et physiologique des Vers intestinaux de l'Homme*, 1824.
— Burdach, *Traité de physiologie*, t. I, p. 27.
— Dugès, *Traité de physiologie comparée*, 1839, t. III, p. 204.
— Bérard, *Cours de physiologie*, 1848, t. I, p. 99.
— Pouchet, *Hétérogénie, ou Traité de la génération spontanée*, 1859, p. 526 et suiv.
(b) Brera, *Mem. sopra i principali Vermi del corpo umano*, 1811.
(c) Pallas, *De Insectis viventibus intra viventia*, 1768.

suivre beaucoup de ces êtres singuliers dans leurs migrations, les semer en quelque sorte dans les organismes propres à les héberger, les voir pénétrer à travers les tissus de leurs hôtes, et constater les métamorphoses qu'ils subissent; enfin, on a pu se procurer leur progéniture et s'en servir pour renouveler avec succès les expériences d'ensemencement dont je viens de parler. En ce moment, il serait prématuré d'étudier d'une manière approfondie cette partie curieuse et complexe de l'his-

et qui se trouvent dans le corps de l'Épinoche, peuvent continuer de vivre dans l'intestin du Canard, lorsque le Poisson qui les renfermait a été mangé par cet Oiseau (*a*). Vers la même époque, des expériences analogues furent tentées par Bloch sur les Ligules des Poissons, et par Gœze sur les Cestoïdes du Chat; mais elles furent mal combinées et ne donnèrent que des résultats négatifs (*b*). La question en resta là pendant près d'un demi-siècle, bien qu'en 1829 Creplin eût fait connaître toutes les formes intermédiaires entre les Vers intestinaux des Poissons et ceux des Canards, dont les transmigrations avaient été signalées précédemment par Abildgaard (*c*). En 1842, l'attention des physiologistes fut appelée de nouveau sur ce sujet par une observation due à M. de Siebold. Ce naturaliste distingué reconnut l'identité de structure entre la portion céphalique du Cysticerque de la Souris et la tête du *Tænia crassicollis* du Chat (*d*). Quelques années après, M. Van Beneden, professeur à l'université de Louvain, fit voir que les Tétrarhynques qui vivent dans l'intérieur du corps des Poissons osseux ne diffèrent de certains Vers intestinaux des Poissons cartilagineux que par l'absence de l'appareil reproducteur, et que ces derniers Helminthes doivent être considérés comme la forme adulte des premiers. Ce ne serait donc qu'en mangeant les Poissons osseux infestés de Tétrarhynques que les Poissons cartilagineux recevraient dans leur intestin les parasites qui y vivent (*e*). Enfin, en 1851, le fait de ces transmigrations et de ces métamorphoses des Helminthes a été établi expérimentalement par le docteur Küchenmeister, qui, en administrant à des Chiens et à des Chats le *Cysti-*

(*a*) Abildgaard, *Om Indvolde Orme* (*Skrivter of Naturhistorie Selskabet Kiobenhaven*, 1790, t. I, p. 26).

(*b*) Bloch, *Traité de la génération des Vers des intestins*, trad. de l'allemand, 1788, p. 94.

— Gœze, *Versuch einer Naturgeschichte der Eingeweidewürmer thierschen Körper*, 1782, p. 26 et 291.

(*c*) Creplin, *Novæ observationes de Entozois*, 1829.

(*d*) Siebold, *Nouveau Manuel d'anatomie comparée*, t. II, p. 158, note. — *Ueber den generationswechsel der Cestoiden* (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, 1850, t. II). — *Mém. sur la génération alternante des Cestoïdes* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1851, t. XV, p. 180).

(*e*) Van Beneden, *Recherches sur la Faune littorale de la Belgique. Les Vers cestoïdes considérés sous le rapport physiologique, embryologique et zooclassique* (*Mém. de l'Acad. de Belgique*, t. XXV).

toire physiologique des Helminthes; nous y reviendrons bientôt, et ici je pourrais, peut-être, me borner à ajouter que leur mode de multiplication ne présente rien d'anomal; que, de même que les Animaux supérieurs, ils perpétuent leur espèce par voie de génération, et que les jeunes ne diffèrent par rien d'essentiel de ce qu'étaient leurs parents immédiats ou médiats à la même période de leur existence. Mais je crois préférable de ne pas m'en tenir à de simples assertions, et je citerai quelques faits à l'appui de ce que je viens de dire.

§ 7. — Le premier exemple dont j'arguerai nous est fourni par les parasites que l'on rencontre souvent dans l'intérieur du corps des Sauterelles, des Chenilles et de plusieurs autres Animaux de la même classe, et que les zoologistes

Migration des Filaires.

cercus pisiformis du Lièvre et du Lapin, a vu ce Ver se transformer en Ténia (*a*). Des expériences analogues furent entreprises aussitôt par M. de Siebold, M. Haubner, M. Gurlt, M. Van Beneden, ainsi que par plusieurs autres zoologistes, et les résultats en furent si favorables à l'hypothèse en question, qu'aujourd'hui presque tous les zoologistes-physiologistes s'accordent pour la considérer comme étant l'expression de la vérité (*b*).

(*a*) Küchenmeister, *Ueber die Umwandlung der Finnen in Bandwürmer* (*Prager Vierteljahrsschrift*, 1852, t. XXXIII, n° 1, p. 106). — *Ueber Cestoden im Allgemeinen und die des Menschen ins Besondere*. In-8, Zittau, 1853. — *Die in und an dem Körper des lebenden Menschen vorkommenden Parasiten*. Leipsig, 1855.

(*b*) Siebold, *Expériences sur la transformation des Vers vésiculaires ou Cysticerques en Ténias* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1852, t. XVIII, p. 377). — *Ueber die Band-und-Blasenwürmer*. Leipzig, 1854. — *Mém. sur les Vers rubanés et vésiculaires de l'Homme et des Animaux* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1855, t. IV, p. 48).

— Lewald, *De Cysticercorum in Tænia metamorphosi* (dissert. inaug.). Berolini, 1852.

— Roll, *On the Result of the Administration of the Tape-Worm*.

— Milne Edwards, *Compte rendu de quelques nouvelles expériences sur la transmission et les métamorphoses des Vers intestinaux* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1855, t. XL, p. 997).

— Van Beneden, *Mém. sur les Vers intestinaux*, p. 151 et suiv. (*Supplément aux Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1858, t. II).

— R. Leuckart, *Blasenbandwürmer und ihre Entwickelung*, 1856.

— Baillet, *Expériences sur la production du Cænure cérébral chez le Mouton* (*Journal des vétérinaires du Midi*, 2ᵉ série, 1856, t. IX, p. 97). — *Compte rendu d'expériences faites à l'école vétérinaire de Toulouse sur l'organisation et la reproduction des Cestoïdes du genre* Tænia (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. X, p. 190). — *Expériences sur le tournis de la Chèvre et du Bœuf* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1859, t. XI, p. 303). — *Expériences sur le* Cysticercus tenuicollis *et sur le Tænia qui résulte de sa transformation dans l'intestin du Chien* (*Ann. des sciences nat.*, 1861, t. XVI, p. 99).

connaissent sous le nom de *Filaria Insectorum*. Ces Vers sont dépourvus d'organes reproducteurs, et beaucoup de naturalistes attribuaient leur formation à un phénomène de génération spontanée. Mais un helmintologiste habile de l'une de nos facultés provinciales, Félix Dujardin, ayant constaté que les Vers terricoles appelés *Mermis* ne diffèrent de ces Filaires que par l'existence d'un appareil génital, d'autres physiologistes furent conduits à penser que les parasites en question pourraient bien n'être que de jeunes Mermis qui, à l'état de larves, se logeraient dans le corps des Insectes, et en sortiraient plus tard pour s'enfoncer en terre, y achever leur développement, et s'y reproduire de la manière ordinaire (1). M. Siebold, professeur à l'université de Munich, partageant cette opinion, la soumit à l'épreuve de l'expérience, et il reconnut de la sorte qu'effectivement les Filaires ne font qu'un séjour temporaire dans l'intérieur du corps des Insectes; qu'à l'époque où leur croissance est achevée, ils émigrent pour descendre en terre, où ils ne tardent pas à acquérir des organes générateurs; qu'arrivés ainsi à maturité, ils pondent des œufs; qu'au printemps suivant, ces œufs donnent naissance à une nouvelle génération de petits Vers filiformes agames; enfin, que ces jeunes Vers attaquent les Chenilles ou autres Insectes qui sont à leur portée, en perforant les téguments, et s'introduisent dans l'intérieur du corps de ces Animaux pour y vivre en parasites, et s'y développer comme l'avaient fait les Filaires dont ils descendent (2).

(1) Les observations de F. Dujardin sur la structure des *Mermis* et sur les caractères de leurs embryons rendirent cette opinion très-probable (*a*). Mais ce naturaliste ne l'appuya d'aucune expérience concluante.

(2) Les expériences de M. de Siebold sur l'émigration nécessaire des

(*a*) F. Dujardin, *Mém. sur la structure anatomique des Gordius et d'un autre Helminthe, le Mermis, qu'on a confondu avec eux* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1842, t. XVIII, p. 129).

Ainsi ces Vers ont besoin d'habiter successivement la terre humide, où ils prennent naissance; l'intérieur du corps d'un Animal, où ils rencontrent la nourriture qui leur convient et où ils grandissent, sans pouvoir arriver à maturité; puis la terre, où ils deviennent aptes à se reproduire, et où ils pondent les œufs dont sortiront de nouveaux Vers, destinés à être bientôt des parasites comme l'avaient été leurs procréateurs.

Migrations des Ténioïdes.

Des phénomènes analogues, mais plus compliqués, ont été constatés chez les Ténias, et nous permettent d'expliquer la présence de ces Vers parasites dans l'intestin de l'Homme, du Chien et de quelques autres Animaux, sans avoir recours aux hypothèses des hétérogénistes. En effet, on sait aujourd'hui, par les expériences d'un médecin de Zittau, M. Küchenmeister, et par celles de M. Van Beneden, de M. de Siebold et de plusieurs autres naturalistes, que les Vers vésiculaires agames, qui ont reçu le nom de Cysticerques et qui se trouvent dans l'intérieur du corps des Rats, des Souris, des Lapins, etc., ne sont autre chose que de jeunes Ténias dont le développement ne peut pas s'achever dans les conditions biologiques où ces parasites se trouvent; que ces Vers subissent des métamorphoses remarquables lorsque l'hôte qui les logeait, ayant servi d'aliment à un Chien ou à un autre Mammifère carnivore ou omnivore, ils se trouvent transportés dans l'intestin d'un de ces animaux. Ils perdent alors leur vésicule aquifère, et s'allongent de plus en

Filaires des Insectes, et leur transformation en *Mermis albicans*, ont été faites avec beaucoup de soin et ne me paraissent laisser rien à désirer (*a*). Ce zoologiste habile pense que les Filaires agames que l'on trouve souvent dans le corps de divers Poissons sont aussi les larves des Ascarides qui vivent en parasites dans la cavité digestive des Phoques et des divers Oiseaux aquatiques carnivores.

(a) Siebold, *Ueber die Fadenwürmer der Insecten* (*Entomologische Zeitung*, 1848, p. 290). — *Ueber die Band-und Blasenwürmer*, etc., 1854 : *Mém. sur les Vers rubanés et vésiculaires de l'Homme et des Animaux et sur la production des Helminthes en général* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1855, t. IV, p. 53 et suiv).

plus, par le développement d'une longue série de segments, dans chacun desquels se trouve un appareil reproducteur très-complexe (1). Là se forment des œufs en nombre immense, mais ces œufs ne peuvent se développer sur place et sont expulsés au dehors. Tombés à terre, ils donnent naissance à de petits Vers qui périraient plus ou moins promptement, s'ils restaient sur le sol, mais qui prospèrent lorsque, déposés sur des plantes dont certains Mammifères, tels que les Rats ou les Lapins, se nourrissent, ils sont portés dans l'intestin de l'un de ces Animaux, ou bien encore lorsqu'en se transportant eux-mêmes, ils parviennent à se loger dans les fosses nasales d'un Mouton (2). Dans ce nouveau gîte, ils se fixent au moyen de crochets dont leur tête est munie, et, en se développant, ils deviennent des Cysticerques ou quelque autre Ver parasite du même groupe, qui, pour se reproduire, a besoin de changer de gîte encore une fois, et de pénétrer dans l'intestin d'un autre

(1) Voyez ci-dessus, page 281, note.

(2) Le *Cœnurus cerebralis* est un Ver qui, à l'état de scolex, est pourvu d'une grosse vésicule hydatique sur divers points de laquelle des phénomènes de gemmiparité se manifestent ; en sorte que peu à peu toute une colonie de ces parasites naît sur une poche aquifère commune. A cette période de son existence, ce parasite se loge dans le cerveau de divers Ruminants, mais plus particulièrement des Moutons, où sa présence détermine la maladie connue sous le nom de *tournis*. Introduit dans le canal digestif du chien, les Cœnures perdent leur vésicule, et chaque individu se développe en un Ténia d'espèce particulière qui est pourvu d'organes reproducteurs et pond des œufs. Enfin, ces œufs, évacués par le Chien et portés dans le canal digestif du Mouton, donnent naissance à des Cœnures, ainsi que cela a été constaté expérimentalement par plusieurs naturalistes (*a*).

(*a*) Voyez l'*Atlas du Règne animal* de Cuvier, ZOOPHYTES, pl. 40, fig. 1.

— Numan, *Verhandeling over den Veelkop-blaasworm der Hersenen*, pl. 6 et suiv. (*Nederlandsche Institut*, 1850).

(*b*) Haubner, *Agronomische Zeitung*, 1851, n° 10 (voyez Küchenmeister, *Parasiten*, t. I, p. 22 et suiv.).

— Van Beneden, *Sur le Cœnure du Mouton* (*Bulletin de l'Acad. de Belgique*, 1854, t. XXI, p. 306). — *Développement du Cœnure cérébral du Mouton* (*loc. cit.*, 2e partie, t. XXI, p. 15).

— Baillet, *Expériences sur le tournis de la Chèvre et du Bœuf* (*Journal des vétérinaires du Midi*, 1859).

— Alphonse Milne Edwards et Vaillant, *Infection du Mouton par le Tænia cœnurus* (*l'Institut*, 1863, t. XXX, p. 189).

Animal propre à l'héberger. Ainsi, les Cysticerques du Rat sont les jeunes du Ténia du Chat, et les Cysticerques du Lapin, en achevant leur développement, constituent les Ténias dont les Chiens sont infestés. M. Küchenmeister s'en est assuré, en administrant à des Chiens des aliments chargés de Cysticerques de Lapin, et en constatant que les Vers vésiculaires, semés de la sorte dans l'intérieur du corps du Chien, deviennent des Ténias (1). Enfin, cette découverte capitale a été complétée par d'autres expériences, dans lesquelles on détermina le développement des Cysticerques dans l'intérieur du corps des Lapins, en faisant avaler à ces petits quadrupèdes des œufs provenant du Ténia du Chien (2).

(1) Comme les Ténias sont très-communs chez les Chiens adultes, et particulièrement chez les Chiens errants dont les physiologistes se servent d'ordinaire pour leurs vivisections, il était nécessaire, pour rendre cette expérience probante, de faire usage de très-jeunes Animaux qui ne s'étaient encore nourris que de lait ; car, à cet âge, ils sont en général exempts de parasites de ce genre. Pour plus de détails au sujet de la transmigration et des métamorphoses de ces Vers intestinaux, je renverrai aux ouvrages que j'ai déjà cités (voyez page 281, note).

(2) M. Leuckart a vu les œufs du *Tænia serrata* du Chien donner naissance, dans le tube intestinal du Lapin, à des embryons longs d'environ un douzième de millimètre, qui pénètrent dans la substance du foie en nombre très-considérable et s'y développent. Il pense que ces petits Vers transpercent la membrane muqueuse de l'intestin, et arrivent ainsi dans des branches de la veine porte qui les conduiraient dans le foie (*a*).

Il y a quelques raisons de penser que l'introduction des œufs du Ténia du Chien dans le tube digestif de l'Homme peut y déterminer le développement de Cysticerques, et produire ainsi une maladie vermineuse du foie qui est extrêmement commune en Islande (*b*).

(*a*) Leuckart, *Nouvelles expériences sur le développement des Vers intestinaux* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1855, t. III, p. 351).

(*b*) Schleisner, *Island undersögt. Forsög til en Nosographie of Island*. Copenhague, 1849.

— Eschricht, *Om de Hydatiders Natur og Oprindelse, der fremkulde den i Island endemiske Leversygge* (*Danske Vidensk. selsk. Forhandl.*, 1853).

— Küchenmeister, *Parasiten*, t. I, p. 169 et suiv.

— Siebold, *Mém. sur les Vers rubanés et vésiculaires* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1855, p. 204).

Il est probable que le Ver solitaire, ou Ténia de l'Homme, est dû pareillement à un Cysticerque qui vit en parasite dans le corps du Cochon, et que des causes analogues déterminent le développement de beaucoup d'autres Vers intestinaux (1).

Migrations des Douves, etc.

Quelquefois les voyages imposés aux parasites sont plus nombreux et plus compliqués. L'espèce de Douve, du genre Monostome, qui se trouve dans le foie du Canard et de quelques autres Animaux aquatiques, nous en fournit un exemple des plus curieux. Ce parasite est pourvu d'organes reproducteurs, et pond un grand nombre d'œufs qui, expulsés au dehors, donnent naissance à autant de petits Animaux aquatiques. Mais

(1) On comprend qu'il soit difficile d'établir expérimentalement ce fait; quelques essais ont cependant été tentés dans ce but, et le résultat en a été favorable à l'opinion émise ci-dessus. Ainsi quelque temps avant l'exécution d'un criminel condamné à la décapitation, M. Küchenmeister mêla aux aliments de cette personne de la viande de Porc contenant des Cysticerques, et à l'autopsie, il trouva dans l'intestin quatre petits Ténias déjà fixés à la membrane muqueuse et en voie de développement (*a*). M. Leuckart administra aussi des Cysticerques du Cochon à un malade dont la mort était imminente et à deux autres personnes qui s'étaient prêtées volontairement à ces expériences. Dans le premier cas, le résultat fut négatif; mais, dans le second, il en fut autrement : en examinant les évacuations alvines provoquées par des vermifuges, il trouva dans les matières rendues par l'un de ces individus plusieurs Cysticerques en voie de développement, et deux Ténias qui avaient tous les caractères du Ver solitaire (*b*). Enfin, des expériences analogues ont été faites par M. Humbert (de Genève) : ce naturaliste avala quatorze Cysticerques, et quelques mois après, il rendit par les selles, à plusieurs reprises, des fragments de Ténias (*c*).

Des arguments en faveur de l'opinion que le Ténia de l'Homme provient des Cysticerques contenus dans la chair des animaux dont celui-ci se nourrit, avaient été fournis précédemment par les observations de beaucoup de médecins et de voyageurs. Ainsi on

(*a*) Küchenmeister, *Expériences relatives à la transmission des Vers intestinaux chez l'espèce humaine* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1855, t. III, p. 377).

(*b*) Leuckart, *Die Blasenwürmer und ihre Entwickelung*, 1856.

(*c*) Voyez Bertholus, *Dissertation sur les métamorphoses des Cestoïdes*, thèse. Montpellier, 1856, n° 106.

ces jeunes, que quelques auteurs appellent des proscolex, n'ont pas le mode d'organisation propre à leur mère : ils ressemblent à des Infusoires ; toute la surface de leur corps est garnie de cils vibratiles, qui font fonction de rames natatoires, et dans leur intérieur on n'aperçoit aucune trace d'organes génitaux. Mais bientôt on y voit apparaître une espèce de sac contractile, appelé scolex, qui ne tarde pas à être mis en liberté ; après quoi, le petit être qui provient directement du Monostone meurt et se détruit. Or, le scolex, ou sporocyste, dont je viens de parler, est un Ver qui va se loger dans la chambre respiratoire d'un Mollusque gastéropode

sait qu'en Abyssinie, ce parasite est d'une fréquence extrême (*a*), et que, dans cette partie de l'Afrique, on fait grand usage de viande crue ou à peine cuite. Il paraît aussi que, dans ce pays, les musulmans, à qui l'usage de la viande de Porc est interdit, ne sont pas sujets à cette affection vermineuse (*b*), et que les religieux de l'ordre des Chartreux, qui ne vivent que de substances végétales, en sont également exempts (*c*). Plusieurs médecins ont remarqué que le Ver solitaire est particulièrement fréquent chez les charcutiers et les cuisiniers. A Saint-Pétersbourg, où le Ténia est très-rare et où les médecins ont employé avec avantage l'usage de la viande crue pour le traitement de certaines affections du canal intestinal, on a constaté que les malades soumis à ce régime avaient souvent le Ténia (*d*).

Il me paraît probable que le Cochon n'est pas le seul Animal dont la chair soit susceptible de contenir des Cysticerques aptes à se développer en Ténias dans le tube digestif de l'Homme, et que, par conséquent, l'introduction de ces Vers dans notre organisme n'est pas nécessairement subordonnée à l'emploi alimentaire du Porc cru ou imparfaitement cuit ; mais il y a lieu de penser que, dans la plupart des cas, la présence du Ver solitaire dans notre intestin est due à l'usage de cette viande infestée de Cysticerques cellulaires à l'état vivant. La cuisson doit avoir pour effet de tuer ces Vers vésiculaires, et de rendre le Porc ladre inapte à donner le Ténia.

(*a*) Bruce, *Voyage en Nubie, etc.*, trad. de l'anglais, 1797, t. IX, p. 167).
— Rochet d'Héricourt, *Second voyage sur les deux rives de la mer Rouge.*
— Ferret et Galmier, *Voyage en Abyssinie*, 1847, t. II, p. 109.
— Bilharz, *Ein Beitrag zur Helminthographia humana* (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, 1853, t. IV, p. 53).
(*b*) Bruce, *Op. cit.*
— Aubert, *Mém. sur les substances anthelminthiques usitées en Abyssinie* (*Mém. de l'Acad. de médecine*, 1841, t. IX, p. 680).
(*c*) Reinlein, *Bemerkungen über den Ursprung des breiten Bandwurms in den Gedarmen der Menschen.* Wien, 1855, p. 25.
(*d*) Voyez Davaine, *Traité des Entozoaires*, p. 89 et suiv.

aquatique, la Limnée des étangs, et y passe l'hiver. Là ce parasite donne naissance à des jeunes, qui n'ont pas sa forme et qui ne diffèrent pas de certains Animaux décrits jadis par les zoologistes sous le nom de Cercaires. Leur corps, aplati et ovoïde, est armé antérieurement d'une espèce de dard, et se termine en arrière par une queue flexible au moyen de laquelle ils nagent avec agilité. Bientôt ces Cercaires, devenus libres, s'attaquent aux téguments de la Limnée, les perforent au moyen de leur pointe frontale, et pénètrent dans l'intérieur du corps de ce Mollusque, où ils s'entourent d'une vésicule appelée kyste. Ainsi enkystés, ils perdent leur armure frontale, ainsi que leur longue queue, et deviennent semblables à de petits Monostomes, si ce n'est qu'ils manquent complétement d'organes reproducteurs. Mais lorsque la Limnée qui les loge a été mangée par un Canard ou par quelque autre Animal analogue, et que, par suite de la digestion du corps où il était renfermé, le Cercaire, privé de queue, devient libre dans l'intérieur du canal intestinal de son nouvel hôte, il achève son développement et acquiert un appareil reproducteur (1).

(1) Ces faits curieux ne furent acquis à la science que peu à peu, et pendant longtemps on n'en connut ni l'enchaînement, ni la portée. Vers la fin du siècle dernier, Othon Frédéric Müller donna le nom de *Cercaria* à divers Animalcules microscopiques, parmi lesquels se trouvaient les Cercaires dont je viens de parler, ou du moins des espèces qui en sont très-voisines. En 1817, Nitsch observa mieux ces prétendus Infusoires, mais sans en soupçonner la véritable nature ; et vers la même époque, Bory Saint-Vincent crut avoir perfectionné la classification méthodique du Règne animal en rangeant ces petits êtres dans une division générique particulière, sous le nom d'*Histrionella* (a). En 1818, Bojanus constata que l'un de ces Cercaires vit en parasite sur la Limnée des étangs, et il fit connaître l'existence des sporocystes qui se trouvent aussi chez ce Mol-

(a) O. F. Müller, *Vermium terrestrium et fluviatilium historia*, 1773, t. I, p. 67.
— Nitsch, *Beiträge zur Infusorienkunde, oder Naturbeschreibung der Zerkarien und Bacillarien*, 1817 (*Neue Schrift. der nat. Gesellsch. zu Halle*, t. III).
— Bory Saint-Vincent, *Histoire naturelle des Zoophytes*, etc. (*Encyclopédie méthodique*, p. 191).

Le cycle de phénomènes singuliers dont je viens d'indiquer brièvement les principaux traits recommence alors : le nouveau Monostome vivant dans l'intestin du Canard pond des œufs dont naissent des larves ciliées qui mènent une vie errante, puis donnent naissance à un Animal destiné à vivre en parasite dans le poumon d'une Limnée, et à produire une

lusque (*a*). En 1826, M. Baer découvrit les relations qui existent entre les Cercaires et les sporocystes, dans l'intérieur desquels ces Animalcules se développent (*b*). Quelques années après, M. Wagner signale à l'attention des physiologistes d'autres faits de même ordre (*c*), et M. Nitsch avait déjà constaté l'enkystement de ces Cercaires et la disposition de leur appendice caudal (*d*). D'autre part, les helmintologistes avaient fait connaître les caractères zoologiques et le mode d'existence de ces espèces de Douves qui sont parasites des Oiseaux d'eau, et qui sont désignées sous le nom de *Monostomum mutabile* (*e*). En 1835, M. Siebold découvrit le mode de reproduction de ces Helminthes, et constata le développement d'un être vivant dans l'intérieur du corps des embryons ciliés qui en naissent; mais il pensa d'abord que cet animal inclus n'était autre chose qu'un parasite (*f*). En 1842, M. Steenstrup appela l'attention des naturalistes sur la signification de ces singuliers phénomènes (*g*). Enfin, dans un mémoire qui fera époque dans l'histoire de l'helminthologie, M. Siebold fit connaître les relations qui existent entre les embryons et les Vers monostomes, les tubes cercarigénères, les Cercaires et les Monostomes parfaits (*h*).

Beaucoup d'autres faits analogues, relatifs aux transmigrations et aux métamorphoses des Vers de l'ordre des Trématodes, ont été constatés plus récemment par plusieurs naturalistes, et plus particulièrement par M. de Filippi (*i*). J'ajouterai que l'on trouve, dans l'ouvrage récent de M. Leuckart

(*a*) Bojanus, *Kurze Nachricht über die Zerkarien und ihren Fundort* (*Isis*, 1818, t. I, p. 729).

(*b*) Baer, *Beiträge zur Kenntniss der niedern Thiere* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XIII, p. 627, pl. 31, fig. 6).

(*c*) Wagner, *Beobachtungen über den Bau und die Entwickelung der Infusorien, etc.* (*Isis*, 1832, p. 394). — *Bemerkungen über Cercaria* (*Isis*, 1834, p. 131).

(*d*) Nitsch, *Op. cit.*

(*e*) Zeder, *Nachtrag zur Naturgeschichte der Eingeweidewürmer*, 1806, p. 154.

— Creplin, *Novæ observ. de Entozois*, 1829, p. 49.

— Mehlis, *Observationes de Trematodibus* (*Isis*, 1831, p. 171).

(*f*) C. T. von Siebold, *Helmintologische Beiträge* (Wiegmann's *Archiv für Naturgeschichte*, 1835, t. I, p. 45).

(*g*) Steenstrup, *Ueber den Generationswechsel*, 1842. — *On the Alternation of Generation translated by Busk* (*Ray's Society*, 1845).

(*h*) Siebold, *Ueber die Band und Blasenwürmer*. Leipzig, 1854, p. 17 et suiv. — *Mém. sur les Vers rubanés et vésiculaires* (*Ann. des sciences nat.*, 4[e] série, 1855, t. IV, p. 61 et suiv.).

(*i*) Ph. de Filippi, *Mém. pour servir à l'histoire génétique des Trématodes Mém. de l'Acad. de Turin*, 2[e] série, t. XV, et *Ann. des sciences nat.*, 4[e] série, 1854, t. II, p. 255. — (*Deuxième mém.*, 1855 (*Mém. de l'Acad. de Turin*, 2[e] série, t. XVI). — *Troisième mémoire*, 1857 (*Acad. de*

foule de Cercaires qui, devenant parasites d'un de ces Mollusques dont les Canards et d'autres Animaux aquatiques se nourrissent, arrivent enfin dans la cavité digestive de l'un de ceux-ci, et ainsi de suite.

Ces métamorphoses, ces migrations, cette aptitude de certains jeunes Helminthes à perforer les tissus vivants de leurs hôtes (1), et cette dissemblance entre beaucoup de ces parasites et leurs descendants directs, nous donnent la clef d'une foule de faits qui, pendant longtemps, étaient inexplicables par les lois générales de la physiologie, et qui étaient invoqués comme des arguments sans réplique en faveur des vieilles idées d'hétérogénie. Il est vrai que nous n'avons pas encore les lumières nécessaires pour préciser le mode d'origine de tous les parasites qui se rencontrent dans l'intérieur de l'organisme des divers Animaux ; mais, chaque jour, le nombre de ces difficultés diminue, et nous voyons rentrer dans la règle commune la naissance de quelques-uns de ces êtres singuliers (2). Ainsi, dernièrement encore, les hétérogénistes

sur les parasites de l'Homme, un exposé très-complet de l'état actuel de la science relativement au mode de propagation des Helminthes, et beaucoup de faits nouveaux d'un intérêt considérable (*a*).

(1) Voyez, au sujet de cette perforation des tissus par les jeunes Helminthes, les observations de M. Van Beneden sur le *Tænia dispar* de la Grenouille, et celles de M. Baillet sur les Cysticerques (*b*).

(2) Les partisans de l'hypothèse des générations dites spontanées ont beau-

Turin, t. XVIII). — *Quelques nouvelles observations sur les larves des Trématodes* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1856, t. VI, p. 83).

— De la Valette de Saint-Georges, *Symbolæ ad Trematodum evolutionis historiam*. Berolini, 1853.

— Moulinie, *De la reproduction des Trématodes endo-parasites*, 1856 (*Mém. de l'Institut génevois*, t. III).

— Guido Wagener, *Beiträge zur Entwickel. der Eingeweidewürmer* (*Naturkundige Verhandlungen*, 1857, t. XIII).

— Pagenstecher, *Trematodenlarven und Trematoden. Helmintologischer Beitrag*, 1857.

(*a*) Rud. Leuckart, *Die menschlichen Parasiten*. Leipzig, 1862 et 1863.

(*b*) Van Beneden, *Nouvelles observations sur le développement des Vers cestoïdes* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1853, t. XX, p. 318).

citaient, comme une preuve de la formation agénésique des Helminthes, le développement du *Trichina spiralis* dans la profondeur des muscles du corps humain ; mais, à peine cet argument avait-il été employé, que des expériences faites en Allemagne sont venues montrer que ce Ver agame est en réalité le produit génésique d'un Helminthe très-voisin des

coup insisté sur ce que parfois la présence d'Helminthes a été constatée dans l'intérieur du corps d'un fœtus ou de très-jeunes animaux qui n'avaient encore pris d'autre nourriture que le lait de leur mère, et qui, par conséquent, ne pouvaient être considérés comme ayant reçu ces parasites du dehors mêlés à leurs aliments. Des faits de ce genre ont été signalés par les médecins de l'antiquité aussi bien que par plusieurs observateurs modernes (*a*). Mais l'origine de ces Vers par homogénésie s'explique facilement depuis que l'on a constaté que beaucoup de ces Animaux, à l'état de larve, peuvent perforer la substance des tissus organiques, et voyager dans l'intérieur du corps d'un être vivant à peu près comme le Ver de terre voyage dans le sol humide (*b*). En effet, puisque ces parasites traversent les parois de l'intestin, ainsi que le péritoine, et se répandent parfois jusque dans la profondeur des muscles des membres (*c*), ou se logent dans l'intérieur des vaisseaux sanguins (*d*), on comprend facilement la possibilité de leur arrivée dans l'utérus et leur passage jusque dans l'intérieur du corps du fœtus contenu dans cet organe.

La présence de parasites animaux et végétaux dans l'intérieur des œufs a été constatée également dans quelques cas, et, en général, elle peut être expliquée de la même manière (*e*). Dans quelques cas, les parasites se rendent directement dans l'œuf à travers la coquille, sans laisser de traces visibles de leur passage, ainsi que M. Panceri l'a constaté récemment pour plusieurs Cryptogames (*f*).

(a) Baillet, *Expériences sur le* Cysticercus tereticollis, *etc.*

(b) Hippocrate, *Des maladies*, liv. IV (*Œuvres*, trad. par Littré, t. VII, p. 597).

(c) Par exemple, chez le fœtus humain, par Kerckling, Dolée et Brendel (voy. Davaine, *Traité des Entozoaires*, 1860, p. 8).

— Chez le fœtus du Mouton. Voy. Frommann, *Observ. de verminoso in Ovibus et Juvencis reperto hepate* (*Ephemerid. Acad.*, 1675, déc. 1, ann. 6 et 7, obs. 188, p. 145).

— Valentin, *Distomeneier in der Rükenmarkshöhle eines Fötus* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1840, p. 317).

(d) M. Davaine vient de constater expérimentalement des faits de ce genre en inoculant sur divers Animaux les parasites filiformes qui pullulent dans le torrent de la circulation chez les Moutons affectés de la maladie que les vétérinaires désignent sous le nom de *sang de rate*. (Davaine, *Recherches sur les Infusoires du sang*, *etc.*, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1863, t. LVII, p. 220.)

(e) Barthélemy, *Études sur le développement et les migrations d'un Nématoïde parasite de l'œuf de la Limace grise* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1858, t. X, p. 41).

(f) Panceri. *Del coloramento dell'albumine d'uovo di Gallina e dei criptogami che crescheno nelle uove* (*Atti della Soc. italiana di scienze naturali*, 1860, t. II, p. 271).

Trichocéphales, et qu'on pouvait en infester le tissu musculaire de divers Animaux, en ingérant dans le tube digestif de ceux-ci des aliments qui renfermaient des parasites de cette espèce (1).

Tout dernièrement encore, l'origine du Bothriocéphale, qui infeste souvent le corps humain, particulièrement en Suisse, en Pologne et en Russie, était entourée de beaucoup d'obscurité. Mais des recherches expérimentales, faites simultanément à Saint-Pétersbourg par M. Knoch, et à Genève par M. Bertholus, ont prouvé que c'est sous la forme de larves ciliées

(1) Les migrations du *Trichina spiralis* paraissent avoir beaucoup d'analogie avec celles des Filaires dont il a été déjà question ci-dessus (page 283). C'est à l'état de scolex ou de larves dépourvues d'organes génitaux qu'on les rencontre dans le tissu musculaire où ils s'enkystent. On les a trouvés sous cette forme chez l'Homme (*a*), ainsi que chez quelques autres Mammifères (*b*). M. Herbst, ayant administré à de jeunes Chiens de la chair d'un Blaireau infestée de Trichines, trouva, trois mois après, les muscles de ces animaux envahis par un nombre immense de ces petits Vers filiformes (*c*). M. Virchow (de Berlin) a fait des expériences analogues, et il a constaté que le *Trichina spiralis* de l'Homme, ingéré dans l'estomac d'un Chien, se dépouille de son kyste, et, devenu libre, achève son évolution dans l'intestin de cet Animal. Là les organes générateurs de ces parasites se développent et produisent des spermatozoïdes ainsi que des œufs. En faisant manger à un Lapin de la viande contenant des Trichines, ce physiologiste a observé les mêmes faits, et il a constaté, en outre, que ces parasites, rendus libres dans l'intestin de ce Rongeur, deviennent sexués, et donnent naissance à de petits Vers filiformes qui perforent ensuite les parois du canal digestif pour se répandre dans toutes les parties de l'organisme. M. Virchow a obtenu de la sorte cinq générations de Trichines, en faisant manger simplement à des Lapins la chair musculaire des Animaux chez lesquels il avait déterminé

(*a*) Hilton, *Notes of a peculiar appearence observed in Human Muscle, probably depending upon the Formation of very small Cysticerci* (*London Medical Gazette*, 1853, t. XI, p. 605).

— Owen, *Description of a Microscopical Entozoar infesting the Muscles of the Human Body* (*Trans. of the Zool. Soc.*, 1835, t. I, p. 315, pl. 41, fig. 1-8).

— Luschka, *Zur Naturgeschichte der* Trichina spiralis (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, 1851, t. III, p. 69, pl. 3).

(*b*) Siebold, *Helminthologische Beiträge* (Wiegmann's *Archiv für Naturgeschichte*, 1838, t. I, p. 312).

— Leidy, *Existence of Trichina in the Hog* (*Ann. of Nat. Hist.*, 1847, t. XIX, p. 358).

(*c*) Herbst, *Expériences sur la transmission des Vers intestinaux* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1852, t. XVII, p. 65).

que ces Vers sortent de l'œuf ; qu'ils vivent alors dans les eaux douces, puis s'enkystent et ne subissent leur développement complet qu'après être arrivés dans l'intestin propre à leur servir d'habitation (1).

Beaucoup d'autres faits analogues ont été constatés depuis quelques années ; mais je ne pourrais, sans m'éloigner de l'objet de nos études actuelles, entrer dans plus de détails relatifs à l'origine des Vers intestinaux. Du reste, le peu de mots que je viens d'en dire me semble devoir suffire pour montrer l'erreur de ceux qui, faute de connaître le mode d'introduction

expérimentalement la reproduction de ces Vers (a). Des faits analogues ont été constatés par M. R. Leuckart. Ce naturaliste a trouvé que la transformation des Trichines agames en Vers sexués n'a jamais lieu dans le tissu musculaire, mais s'effectue très-rapidement dans le canal intestinal des divers Mammifères qui ont mangé de la chair infestée de la sorte, et que les parasites filiformes qui naissent de ces individus prolifiques dans le tube digestif d'un Animal nourri de cette façon pénètrent dans le tissu conjonctif interorganique de celui-ci, pour aller se loger dans l'épaisseur des muscles, où ils s'enkystent (b). Il est donc présumable que la présence des Trichines dans les muscles du corps humain dépend de l'emploi alimentaire de la chair du Lapin ou de quelque autre Animal infesté de la sorte, et dont la cuisson n'aura pas été assez complète pour tuer ces parasites.

(1) La fécondité de ce Bothriocéphale est immense. Ainsi, dans un de ces Vers examiné par Eschricht (de Copenhague), le nombre des œufs s'est élevé à plus de dix millions (c). La forme larvaire de ces Helminthes paraît avoir été constatée d'abord par Schubart (d), mais l'histoire de leur développement n'a été étudiée d'une manière approfondie que par les deux naturalistes cités ci-dessus (e), et c'est principalement au mémoire publié sur ce sujet par M. Knoch que je renverrai pour plus de détails.

(a) Virchow, *Recherches sur le développement du* Trichina spiralis (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1859, t. XLIX, p. 660). — *Note sur le* Trichina spiralis (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1860, t. LI, p. 13).

(b) R. Leuckart, *Untersuchungen über* Trichina spiralis. In-4, Leipzig, 1860.

(c) Eschricht, *Anat. phys. Untersuch. über die Bothriocephalus*, p. 144 (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1840, t. IX, supplément).

(d) Voyez Van Beneden et Gervais, *Zoologie médicale*, t. II, p. 236, note.

(e) Knoch, *Die Naturgeschichte des breiten Bandwurms* (Bothriocephalus latus) *mit besonderer Berücksichtigung seiner Entwickelungsgeschichte* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Saint-Pétersbourg*, 7e série, t. V).

— Bertholus, *Sur le développement du Bothriocéphale de l'Homme* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1863, t. LVII, p. 569).

de ces parasites dans le corps de leurs hôtes, se croyaient autorisés à les considérer comme des produits de l'organisation spontanée de la matière inerte, ou, en d'autres mots, de la génération dite spontanée. Là, de même que pour les larves de Mouches observées par Redi, et pour les Abeilles, dont l'histoire physiologique a été étudiée par Swammerdam, la multiplication des individus est régie par les lois générales qui président à l'origine des Animaux supérieurs. Le caractère essentiel des phénomènes zoologiques est partout le même, et la Nature n'a pas, comme le supposent les hétérogénistes, deux poids et deux mesures, suivant qu'elle veut produire un Animal microscopique ou un Animal gigantesque, un Animal obscur et parcimonieusement doté ou un Animal doué des facultés les plus merveilleuses. Toujours l'être vivant descend d'un être qui vit.

Résumé. § 8. — En résumé, nous voyons donc que, non-seulement la vie se transmet, et que les corps organisés sont toujours des produits de corps doués de ce mode d'activité, mais aussi que dans tous les cas où cette filiation a pu être observée, les individus qui naissent sont de même espèce que les individus dont ils descendent. Tout ce qui vit aujourd'hui à la surface du globe a été engendré, et chaque être qui engendre imprime à ses produits le cachet organique propre à certains termes de la série d'individus dont il est lui-même descendu. Le jeune Animal peut ne pas ressembler en tout à ses parents, mais en général les différences sont légères et ne portent que sur les détails secondaires de l'organisme. Nous examinerons dans une autre occasion quelles peuvent être les limites de ces variations individuelles chez divers membres d'une même lignée, et quelles sont les circonstances qui déterminent ces particularités individuelles. Ici il me suffira de constater que chez les Animaux, aussi bien que dans les Plantes, on ne connaît aucun individu qui ne soit fait à l'image de l'un de ses ancêtres, et qui ne ressemble

à l'être dont il sort de la même façon que celui-ci ressemblait à certains de ses procréateurs. On appelle *espèce*, le groupe d'individus qui se ressemblent entre eux au même degré que l'on sait devoir se ressembler ceux qui naissent d'une même souche; groupe que l'on peut considérer par conséquent comme ayant une origine commune. La loi générale qui régit aujourd'hui la multiplication des Animaux et le renouvellement des êtres animés dont la terre est peuplée, est donc l'*homogénésie*, ou la production du jeune par des parents qui sont, dans certaines limites, ses semblables. Nous verrons ailleurs que dans quelques cas la conformation du jeune peut s'éloigner considérablement de celle de son ascendant immédiat, et ne répéter l'image que d'un ancêtre plus ou moins reculé; mais alors la progéniture de ce jeune ne diffère en rien d'essentiel de son aïeul, et par l'effet de ces retours périodiques à un même type, ce type se perpétue tout aussi bien que dans les cas où il se retrouve chez tous les individus qui proviennent les uns des autres (1). Une espèce peut s'éteindre ou se diviser, pour ainsi dire, en un certain nombre de races qui ont chacune leur cachet particulier, mais jamais on ne voit un Animal naître d'un Animal d'une espèce autre que la sienne, et, sous l'influence des conditions dans lesquelles notre globe se trouve aujourd'hui, aucune transmutation zoologique ne semble être possible. En était-il toujours de même, et, à certaines périodes géologiques, les modifications introduites dans l'organisation des êtres qui se succédaient par voie de génération ont-elles été plus considérables, et ont-elles amené l'apparition de types assez dissemblables pour que l'analogie nous conduise à les considérer comme des représentants d'autant

(1) Cette rotation de deux ou de plusieurs types chez les différents termes d'une série d'individus qui appartiennent à une même lignée, constitue ce que les zoologistes modernes ont appelé des *générations alternantes*.

d'espèces particulières? C'est ce que l'on ne saurait dire dans l'état actuel de nos connaissances, mais j'incline à croire qu'il a dû y avoir des transmutations de cet ordre, et que beaucoup de fossiles qui ont été considérés comme appartenant à des espèces différentes de celles de l'époque actuelle, ne sont en réalité que des races particulières. Peut-être même les différences entre certaines séries de termes d'une même lignée d'individus ont-elles été plus grandes encore. Ici ces questions ne sauraient être assez approfondies pour que la discussion en soit utile, et tout en me proposant d'y revenir un jour, je ne m'y arrêterai pas en ce moment, car il nous faut maintenant étudier les divers modes suivant lesquels la reproduction des Animaux peut avoir lieu.

Cette étude sera le sujet de la prochaine Leçon.

SOIXANTE-DOUZIÈME LEÇON.

MVERS MODES DE REPRODUCTION DES ANIMAUX. — Scissiparité. — Gemmiparité. Multiplication par des bulbilles. — Oviparité ; génération sexuelle. — mposition et structure des œufs.

1. — Dans l'un et l'autre Règne organique, la multiplica- des individus peut se faire de plusieurs manières. Tantôt résulte du fractionnement du corps de l'individu souche, nomène que les physiologistes désignent sous le nom de *ssiparité*. D'autres fois elle est une conséquence de l'accrois- ent d'une portion de ce corps qui, en se développant, ent semblable à l'individu dont elle dépend ; c'est ce que appelle *gemmiparité*, ou reproduction par bourgeonne- t. Enfin, dans d'autres cas, elle a lieu au moyen d'œufs ou raines, c'est-à-dire de corps qui se séparent de l'organisme lucteur avant d'avoir donné naissance à une première iche de l'organisme nouveau, mais qui sont aptes à se stituer de la sorte quand ils sont placés dans des conditions rminées. Du reste, ces divers modes de reproduction ont un ctère commun, et, pour bien saisir celui-ci, il me semble de prendre d'abord en considération certains phénomènes utrition dont j'ai déjà eu l'occasion de dire quelques mots ; une des précédentes Leçons.

Trois modes principaux de reproduction.

2. — Tous les êtres vivants, avons-nous vu, ont la faculté de similer des matières étrangères qu'ils emploient en partie nstituer de la matière vivante, laquelle est disposée d'une ière déterminée, mais variable, suivant les espèces, et con- t à la réalisation d'un certain type ou plan d'organisation.

Considérations préliminaires.

C'est ainsi que tout être vivant augmente de volume pendant la première période de son existence, que diverses parties de son corps s'accroissent sans cesse, et que d'autres restent en apparence les mêmes, bien qu'une portion de leur substance puisse se détruire continuellement. Quelquefois ce travail plastique a pour effet d'opérer périodiquement le développement d'organes d'un volume considérable et d'une forme constante, tels que les bois dont la tête du Cerf est ornée. Dans d'autres circonstances, par suite d'un phénomène analogue, l'organisme répare des mutilations accidentelles, et se rétablit dans son intégrité après avoir subi des pertes plus ou moins considérables. L'action nutritive s'exerce donc normalement suivant un certain mode, et tend à réaliser, chez tous les Animaux, une forme virtuelle propre à l'espèce dont l'individu est un des représentants. Chez l'Homme et les autres Animaux supérieurs, cette puissance réparatrice est fort limitée et ne détermine jamais la régénération d'une portion considérable du corps; elle peut faire disparaître des solutions de continuité et opérer la cicatrisation des plaies par le développement d'un tissu nouveau qui se soude intimement aux surfaces mises à nu accidentellement; elle se manifeste aussi par la production de la substance osseuse dans les cas de fracture et de résection de certaines parties du squelette; elle peut même, dans quelques cas, amener le rétablissement d'un conducteur nerveux, d'un vaisseau sanguin ou d'une portion du canal intestinal, mais elle ne donne jamais des résultats considérables, et ses produits plastiques sont toujours fort simples (1).

Chez des Animaux moins élevés, il en est autrement, et les

(1) Il paraît y avoir lieu de penser que pendant la vie embryonnaire, la tendance à la reconstitution des parties manquantes est plus marquée que chez les Animaux adultes, et il résulterait des observations de M. Simpson, que dans l'espèce humaine la reproduction d'un membre tout entier est alors possible. Ce médecin a fait connaître plusieurs cas dans lesquels l'amputation

parties reproduites de la sorte peuvent être à la fois très-volumineuses et d'une structure fort complexe.

Ainsi, chacun sait que la queue des Lézards se casse facilement, mais que la mutilation déterminée de la sorte n'est que temporaire, et que bientôt un nouvel appendice caudal se développe à la place de celui qui a été détaché (1).

Chez quelques autres Vertébrés inférieurs (2), et notamment chez les Tritons ou Salamandres aquatiques, la puissance réparatrice de l'organisme est même plus grande encore; et les pattes, avec leurs os, leurs muscles, leurs vaisseaux sanguins et leurs nerfs, peuvent être reproduites de la sorte. On a vu aussi la mâchoire inférieure et le globe de l'œil se régénérer complétement chez ces singuliers Batraciens (3).

spontanée d'un membre chez de très-jeunes embryons semble avoir eu lieu, et aurait été suivie du développement d'un membre nouveau à l'extrémité du moignon (*a*).

(1) Ce singulier phénomène a été constaté chez les Scinques et les Orvets, aussi bien que chez les Lézards, par les naturalistes de l'antiquité (*b*). Il a lieu aussi chez les Geckos (*c*).

La queue adventive a en général la même forme que la queue primordiale ; mais sa structure est moins perfectionnée. Ainsi la colonne rachidienne, au lieu d'être constituée par une série de vertèbres osseuses, n'y est représentée que par un stylet cartilagineux. M. H. Müller a publié sur ce sujet des observations intéressantes (*d*).

(2) Broussonnet dit avoir vu la nageoire d'un Poisson se reproduire (*e*) : mais Dugès a répété cette expérience sans succès (*f*). Une reproduction partielle de ce genre a été observée chez un Syngnathe (*g*).

(3) Vers le milieu du siècle dernier, le phénomène de la reproduction de la queue et des membres des Tritons et des Salamandres a été étudié par plusieurs naturalistes, mais plus particulièrement par Plateretti, Spallan-

(*a*) Voyez Carpenter, *Principles of Comparative Physiology*, 1854, p. 480.

(*b*) Pline, *Historia mundi*, lib. XXIX, cap. 38.

(*c*) Dugès, *Physiologie comparée*, t. III, p. 188.

(*d*) H. Müller, *Eine Eidechse*, Lacerta viridis, *mit zwei über einander gelagerten Schwänzen welche beide als das Product einer überreichten und durch feinern Bau des wiedererzeugten bemerkenswerther Reproductionskraft erscheinen* (*Verhandlungen der Phys.-Med. Gesellschaft zu Würzburg*, 1852, t. II, p. 66).

(*e*) Broussonnet, *Mémoire sur la régénération de quelques parties du corps des Poissons* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1786, p. 684).

(*f*) Dugès, *Physiologie comparée*, 1839, t. III, p. 190.

(*g*) Malm, *Note sur la reproduction des parties de l'organisme et sur leur multiplication chez certains Animaux, et plus particulièrement chez un Syngnathe à deux queues* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, t. XVIII, p. 356).

Batraciens.

Chez les Crabes, les Écrevisses et beaucoup d'autres Crustacés, la reproduction des membres se fait avec une facilité encore plus grande (1). Les Araignées peuvent aussi réparer

zani, Murray et Bonnet (*a*). Ce dernier auteur a fait reproduire la même patte jusqu'à quatre fois sur un de ces Batraciens, et il a constaté la régénération du globe de l'œil après l'extirpation de cet organe. Le même résultat a été obtenu par Blumenbach (*b*). Plus récemment, la régénération de quelques parties a été observée chez les mêmes Animaux par plusieurs physiologistes (*c*).

J'ajouterai que Blumenbach, ayant détruit avec un instrument pointu les yeux d'un Lézard vert, assure avoir vu ces organes se reproduire très-promptement (*d*).

(1) La production d'une patte nouvelle n'a pas lieu indifféremment sur tous les points de la longueur du membre et ne se fait qu'à l'extrémité de l'article qui suit la hanche, et qui a été désigné sous le nom de *basipodite* (*e*). Cette pièce du squelette tégumentaire est unie à l'article suivant par soudure circulaire, mais il s'en sépare avec une grande facilité : ainsi il suffit à l'Animal de se roidir brusquement pour en opérer la rupture, et, lorsqu'il se trouve retenu par le pied ou que le membre a été cassé sur quelque autre point, il ne manque pas de pratiquer de la sorte l'amputation de la partie qui le gêne. L'hémorrhagie s'arrête presque immédiatement, et le moignon se cicatrise ; puis un tubercule se forme sur la surface terminale de celui-ci, et cet appendice, en grandissant, devient une nouvelle patte. Les pieds-mâchoires et les antennes se reproduisent de la même manière (*f*).

(*a*) Platerelti, *Sulla riproduzione delle gambe e della coda delle Salamandre aquajuole* (*Scelta di opuscoli interess.*, t. XXVII, p. 18).
— Spallanzani, *Prodromo di un'opera da imprimersi sopra le riproduzioni animali*, 1768.
— Murray, *Comment. de redintegratione partium nexu suo solectarum vel amissarum*. Göttingue, 1787.
— Ch. Bonnet, *Sur la reproduction des membres de la Salamandre aquatique* (*Œuvres d'histoire naturelle et de philosophie*, 1re partie, t. V, p. 177).

(*b*) Blumenbach, *Kleine Schriften zur vergleichenden Physiologie*, 1800, p. 129.

(*c*) Siebold, *Observationes quædam de Salamandris et Tritonibus*, cap. IV. Berol.
— Todd, *On the Process of Reproduction of the Members of the Aquatic Salamander* (*Quarterly Journal of the Royal Institution*, 1824, t. XVI, p. 84).

(*d*) Blumenbach, *Specimen physiologiæ comparativæ*, 1787, p. 31.

(*e*) Milne Edwards, *Observations sur le squelette tégumentaire des Crustacés* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1851, t. XVI, p. 289, pl. 11, fig. 9).

(*f*) Réaumur, *Sur les diverses reproductions qui se font dans les Écrevisses, etc.* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1712, p. 223, pl. 12).
— Collinson, *Some Observ. on the* Cancer major (*Philos. Trans.*, 1745, t. XLIV, p. 70).
— Parsons, *Philosoph. Observ. on the analogy between the Propagation of Animals and that of Vegetables*, 1752, p. 193.
— Bodier, *Sur la reproduction des pattes des Crabes* (*Observ. sur la physique, etc.*, de Rozier, 1778, t. XI, p. 33).
— Mac Culloch, *On the Means by which Crabs throw off their Claws* (*The Quarterly Journ. of Sc. litt. and Arts of the Royal Institution*, 1826, t. XX, p. 1).
— Heineken, *Experiments and Observations on the casting off and Reproduction of the Legs in Crabs and Spiders* (*The Zoological Journal*, 1829, t. IV, p. 284).
— Goodsir, *On the Reproduction of lost parts in the Crustacea* (*British Assoc. for the Advanc. of science*, 1844, *Proceed.*, p. 68).

la perte d'une patte tout entière (1). Il en est de même pour les Myriopodes (2), et chez certains Insectes on a constaté des phénomènes de même ordre (3). On a vu un travail réparateur analogue s'établir chez les Limaçons et chez d'autres Mollusques dont une grande partie de la tête (4) avait

La reproduction des pattes a été constatée aussi chez les Cloportes.

(1) Ce phénomène a été constaté par Lepelletier de Saint-Fargeau et par quelques autres naturalistes. La reproduction du membre a lieu lors de la mue (*a*).

(2) G. Newport a constaté expérimentalement, chez des Iules et des Lithobies, la reproduction des pattes et des antennes, et, d'après les indices de régénération que cet entomologiste a observés sur un grand nombre de Myriopodes de la collection du Musée britannique, ce phénomène paraît ne pas être rare dans la nature (*b*).

(3) La reproduction des antennes a été constatée chez des larves de Blattes et des Forficules, ainsi que chez quelques autres Insectes, par Heineken (*c*). J. Müller a fait voir que chez les jeunes Phasmiens la régénération des pattes peut avoir lieu (*d*), et des faits du même ordre ont été observés par Fortnum et par Newport (*e*).

Gœze a constaté la réparation de mutilations analogues chez une larve de Perle (*f*).

On doit aussi à Newport des expériences intéressantes sur le développement des pattes chez la nymphe des Vanesses, après l'amputation de ces appendices chez la chenille (*g*).

(4) Le fait de la reproduction de la tête des Colimaçons fut annoncé en 1764 par Spallanzani (*h*), et provoqua aussitôt un grand nombre de recherches dont les résultats furent d'abord défavorables à l'opinion du savant naturaliste de Modène (*i*) ; mais les

(*a*) Lepelletier, *Extrait d'un mémoire sur les Araignées* (*Nouveau Bulletin de la Société philomatique*, 1813, t. III, p. 254).
— Heincken, *Op. cit.* (*Zool. Journal*, 1829, t. IV, p. 284).

(*b*) Newport, *On the Reproduction of lost parts in Myriopoda and Insects* (*Philos. Trans.*, 1844, p. 283, pl. 14, fig. 1-3).

(*c*) Heincken, *On the Reproduction of the Members in Spiders and Insects* (*Zool. Journal*, 1829, t. IV, p. 294).

(*d*) Müller, *Manuel de physiologie*, t. I, p. 310.

(*e*) Fortnum, *Letter on the Reproduction of the Limbs in a Species of Phasmidæ, the* Diura violescens (*Proceed. of the Entomol. Soc. of London*, 1844, p. 98).
— Newport, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1844, p. 288, pl. 14, fig. 4).

(*f*) Gœze, *Reproductionskraft bei den Insekten* (*Naturforscher*, 1778, n° 12, p. 221).

(*g*) Newport, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1844, p. 389, pl. 14, fig. 6-16).

(*h*) Spallanzani, *Prodromo di un' opera sopra le reproduzioni animali*, p. 60.

(*i*) Wartel, *Mémoire sur les Limaçons terrestres de l'Artois, pour servir à l'histoire naturelle de cette province*, 1768.
— Valmont de Bomare, *Dictionnaire d'histoire naturelle*, 1776, t. V, p. 133.
— Adanson, *Lettre à Bonnet* (*Journal de physique*, 1777, t. X, p. 173).
— Cotte, *Expériences sur les Limaçons* (*Journal des savants*, 1770, t. I, p. 357). — *Suite des expériences et des observations sur les Limaçons* (*Journal de physique*, 1774, t. III, p. 370).
— Voltaire, *Questions sur l'Encyclopédie*, 4° partie, 1774, art. COLIMAÇON.

été enlevée, et rien n'est plus commun que de trouver, sur les bords de la mer, des Astéries dont plusieurs branches sont en train de se reconstituer (1).

Nous voyons donc que chez tous ces Animaux l'organisme tend toujours à se compléter, et que dans les espèces inférieures cette tendance peut amener la reconstitution d'une partie considérable du corps.

Scissiparité accidentelle.

§ 3. — De là au phénomène de la scissiparité, il n'y a qu'un pas à faire. Effectivement, nous avons vu, dans la dernière Leçon, que les diverses parties de l'organisme possèdent une vitalité propre, et que plusieurs d'entre elles, séparées du reste de l'individu, peuvent, dans certains cas, continuer à vivre pendant très-longtemps (2). Supposons que chez un

expériences communiquées à l'Académie des sciences par Roos, et répétées par l'illustre Lavoisier, ainsi que par Schæffer, Bonnet, O. F. Müller et Tarenne, ne laissèrent subsister aucun doute sur la possibilité de la régénération des tentacules, des mâchoires et d'une grande partie de la tête (*a*). Suivant Tarenne, le cerveau se reconstituerait aussi bien que la masse buccale ; mais il paraîtrait que l'intégrité du collier nerveux circumœsophagien est une condition indispensable à la conservation de la vie de ces Mollusques (*b*).

Pour plus de détails sur ce sujet, je renverrai à l'article HÉLICE publié par Blainville dans le *Dictionnaire des sciences naturelles*, tome XX, page 413.

(1) En 1741, à l'instigation de Réaumur, des expériences sur la reproduction des parties chez les Astéries et les Actinies furent faites par Bernard de Jussieu et par Guettard (*c*). Dicquemare fit, quelques années après, des recherches plus nombreuses et plus variées sur le même sujet (*d*).

(2) Voyez ci-dessus, page 274.

(*a*) Voyez Cotte, *Op. cit.* (*Journal des savants*, 1770, t. I, p. 357).
— Schæffer, *Versuche über die Reproduktion der Schnecken*, 1768-1770.
— Bonnet, *Expériences sur la régénération de la tête du Limaçon terrestre* (*Journal de physique*, 1777, t. X, p. 169).
— O. F. Müller, *Observations sur la reproduction des parties, et notamment de la tête des Limaçons à coquille* (*Journal de physique*, 1778, t. XII, p. 111).
— Tarenne, *Cochliopérie, recueil d'expériences sur les Hélices terrestres*, 1808.
(*b*) Dugès, *Traité de physiologie comparée*, t. III, p. 190.
— Moquin-Tandon, *Histoire naturelle des Mollusques terrestres et fluviatiles de France*, p. 274.
(*c*) Réaumur, *Mémoire pour servir à l'histoire des Insectes*, t. VI, p. IX.
(*d*) Dicquemare, *An Essay towards elucidating the History of sea Anemonies* (*Philos. Trans.*, 1773, p. 371).

Animal où cette aptitude à vivre isolément serait très-grande dans certaines parties de l'économie, la puissance réparatrice soit développée à un plus haut degré que chez le Lézard ou la Salamandre, mais s'exerce d'une manière analogue, et nous concevrons que la portion amputée, en continuant à vivre, pourra se compléter de façon à réaliser le type propre à l'espèce dont elle provient, et à constituer ainsi un individu nouveau (1).

Effectivement, c'est de la sorte que les choses se passent chez les Lombrics ou Vers de terre, les Naïs et quelques autres Animaux annelés. Bonnet, à qui l'on doit une longue série d'expériences intéressantes sur ce sujet, constata que si l'on coupe en deux le corps d'un de ces Vers, chaque fragment peut continuer à vivre et peut se compléter : la portion antérieure en reproduisant une portion caudale dont elle avait été privée, et la portion postérieure en reproduisant une tête. Les deux Animaux formés ainsi aux dépens d'un individu unique furent divisés à leur tour, et il en résulta quatre individus dont la multiplication par scissiparité fut effectuée avec non

(1) On doit à M. Vulpian des observations intéressantes sur la persistance de la vie dans la queue des très-jeunes têtards de Grenouille, après l'ablation de cette partie. Non-seulement la queue ainsi séparée peut continuer à vivre et à se mouvoir spontanément pendant plusieurs jours, mais dans certains cas elle continue à être le siége de phénomènes histogéniques fort remarquables. Quelquefois la plaie se cicatrise et des parties nouvelles s'y développent par bourgeonnement. Dans une des expériences faites par ce physiologiste, la queue séparée du corps a vécu pendant neuf jours ; dans un autre cas elle n'a péri qu'au bout de dix jours, et pendant ce temps elle avait considérablement grandi (a). Il y a évidemment là un degré intermédiaire entre ce qui se voit chez le Lézard et chez les Animaux scissipares.

(a) Vulpian, *Notice sur les phénomènes qui se passent dans la queue des très-jeunes embryons de Grenouille lorsqu'on la détache du corps* (*Comptes rendus de la Société de biologie pour* 1858, 2e série, t. V, p. 81). — *Nouvelle expérience sur la survie des queues d'embryons de Grenouille après leur séparation du corps* (*Comptes rendus de la Société de biologie pour* 1859, 2e série t. VI, p. 7, pl. 9, fig. 1 et 2).

moins de facilité. Enfin, une seule Naïs, ayant été divisée en vingt-quatre portions, donna encore des résultats analogues. Presque tous ces fragments vécurent, se complétèrent, et devinrent autant d'individus semblables à l'individu souche (1).

Les Planaires peuvent également se multiplier par le fait de la division de leur corps (2); mais ce sont les Hydres ou Polypes d'eau douce qui possèdent au plus haut degré cette

(1) Les expériences de Bonnet sur la multiplication des Naïs furent entreprises à l'occasion de la découverte de Trembley sur les Hydres ou Polypes d'eau douce, qui avaient excité fortement l'intérêt de ce philosophe (*a*). Des faits de même ordre ont été constatés plus récemment par plusieurs autres naturalistes, tels que Gœze, Rœsel, Spallanzani, Dugès (*b*).

Chez le Tubifex des ruisseaux, le tronçon antérieur du corps se complète par la reproduction d'une queue, mais le tronçon postérieur n'est pas doué d'une puissance réparatrice analogue (*c*).

La reproduction d'une tête à l'extrémité antérieure du tronçon postérieur du corps d'un Lombric terrestre a été observée par Réaumur, ainsi que par des naturalistes plus récents (*d*).

(2) Ce fait, incomplétement aperçu par Pallas, a été bien établi par les expériences de Draparnaud, Moquin-Tandon et Dugès. Ce dernier, ayant partagé, soit en travers, soit longitudinalement, le corps de plusieurs Planaires, vit chaque fragment se développer de façon à former bientôt un individu complet (*e*).

Il est probable que les phénomènes de régénération et de scissiparité dé-

(*a*) Bonnet, *Traité d'insectologie, ou observations sur quelques espèces de Vers d'eau douce qui, coupés en morceaux, deviennent autant d'Animaux complets*, 1745, t. II.

(*b*) Gœze, *Von zerschnittenen Wasserwürmern, deren Stücke nach einigen Tagen wieder ausgewachsen und volkommene Thiere werden* (*Der Naturforscher*, 1774, n° 8, p. 28).

— Spallanzani, *Prodroma di un'opera*, p. 13.

— Rœsel, *Insectenbelustigungen*, t. III, p. 433.

— Dugès, *Recherches sur la circulation, la respiration et la reproduction des Annélides abranches* (*Ann. des sciences nat.*, 1828, t. XV, p. 316).

(*c*) J. d'Udikem, *Histoire naturelle des Tubifex des ruisseaux*, p. 32 (*Mém. couronnés de l'Acad. de Belgique*, t. XXVI).

(*d*) Réaumur, *Mémoire pour servir à l'histoire des Insectes*, 1742, t. VI, préface, p. LXIV.

— Ginanni, *Lettera intorno alla scoperta degli Insetti che si moltiplicano mediante la sezione de'loro corpi*, *Raccolta d'opuscoli scientifici di Calogierà*, 1747, t. XXXVII, p. 255.

— Vandelli, *De Vermium terræ reproductione*, 1758.

— Vallisnieri, *Sopra alcune reproduzioni de Lombrichi terrestri*.

— Spallanzani, *Prodromo*, p. 12.

— Murray, *Observ. de Lumbricorum setis* (*Opuscula*, 1786, t. II, p. 401).

— Sangiovanni, *Ueber die Reproduction des Regenwurms* (Froriep's *Notizen*, 1824, p. 230).

— Dugès, *Recherches sur la circulation, la respiration et la reproduction des Annélides abranches* (*Ann. des sciences nat.*, 1828, t. XV, p. 316).

— Newport, *On the Reproduction of lost parts in Earthworms* (*Proceed. of the Linn. Soc.*, 1856, t. II, p. 250).

(*e*) Dugès, *Recherches sur l'organisation et les mœurs des Planaires* (*Ann. des sciences nat.*, 1828, t. XV, p. 167).

propriété singulière. Au début de ce cours, j'ai eu l'occasion de parler des expériences intéressantes faites sur ces Animaux par Trembley et par d'autres naturalistes (1). Nous avons vu alors que, chez ces petits êtres, tout fragment de l'organisme qui est susceptible de vivre sans le concours d'autres parties, tend à se développer de façon à réaliser la forme propre aux Animaux dont il provient, et si les circonstances dans lesquelles il est placé sont favorables à son existence, il devient bientôt un individu complet.

§ 4. — Dans tous les cas dont je viens de parler, la multiplication des Animaux par la division de leur corps n'a été qu'un accident et ne s'est produite qu'à la suite de mutilations dues à des causes étrangères à la marche des phénomènes biologiques. Mais dans d'autres cas cette division en deux ou en plusieurs fragments est le résultat d'un travail physiologique normal, et ce fractionnement, suivi du développement des parties ainsi séparées, est un des procédés dont la Nature fait usage pour constituer de nouveaux représentants de certains types zoologiques. Scissiparité normale.

En étudiant les Polypes d'eau douce, Trembley constata des faits de ce genre : il vit le corps d'un de ces Animaux se contracter circulairement vers le milieu, puis se rompre

crits par Shaw comme ayant été observés chez des Hirudinées (*a*) lui avaient été offerts par des Planariés, car dans d'autres circonstances il avait évidemment confondu ces Animaux, et les expériences faites sur les Sangsues par d'autres naturalistes n'ont jamais donné des résultats de ce genre. Les tronçons du corps d'un de ces Annélides peuvent vivre très-longtemps, mais ils ne se cicatrisent pas (*b*).

(1) Voyez la première Leçon de ce cours (tome I[er], page 18).

(*a*) Shaw, *Description of the* Hirudo viridis (*Trans. of the Linn. Soc.*, 1791, t. I, p. 94).

(*b*) Dillenius, *De Hirudine* (*Ephem. Acad. nat. curios.*, 1719, cent. VII et VIII, p. 338).

— Thomas, *Mémoire pour servir à l'histoire naturelle des Sangsues*, 1806, p. 127.

— Vitet, *Traité de la Sangsue médicinale*, 1809, t. XXVIII, p. 331.

— Carena, *Monographie du genre* Hirudo (*Memorie della R. Accad. delle scienze di Torino*, 1820, t. XXV, p. 313).

— Rossi, *Osservazioni intorno a due porzioni di Sanguisuga* (*Mem. dell'Accad. delle scienze di Torino*, 1822, t. XXVII, p. 137).

— Moquin-Tandon, *Monographie de la famille des Hirudinées*, 1846, p. 193.

dans le point étranglé de la sorte, et chaque fragment se développer de façon à devenir bientôt un individu complet (1). Certains Acalèphes, lorsqu'ils sont à l'état de *strobile*, se divisent spontanément en un grand nombre de tronçons discoïdes qui deviennent autant de Méduses (2), et un phénomène analogue paraît même être très-commun chez beaucoup de

(1) Trembley a vu la scissiparité se produire à différentes hauteurs dans le corps du Polype souche ; mais ce mode de multiplication n'a lieu que rarement chez ces Animaux (*a*). Laurent a vérifié les observations de Trembley, et a trouvé qu'on pouvait déterminer artificiellement la formation de ces boutures en plaçant autour du corps des Hydres une ligature médiocrement serrée (*b*).

Ainsi que je l'ai déjà dit, M. G. Jæger a vu que, dans certaines circonstances, le corps de ces Polypes se désagrégeait ; que les sphérules ou cellules élémentaires de leur substance, ainsi mises en liberté, vivent pendant des mois entiers en présentant des mouvements analogues à ceux des Amibes, puis s'enkystent parfois. Suivant cet auteur, les corpuscules de tissu vivant ainsi désagrégés deviendraient, l'année suivante, autant de nouvelles Hydres. Il désigne ce mode de multiplication sous le nom de *diasporagenèse*, ou propagation par dissémination, et il pense que les propagules ainsi formés sont les corps décrits par les zoologistes sous le nom d'Amibes (*c*) ; mais ainsi que l'a fait remarquer M. Claparède, ils en diffèrent considérablement, et la production d'Hydres nouvelles au moyen de cellules élémentaires désassociées d'un individu souche est loin d'être prouvée par les observations de M. Jæger.

(2) Les strobiles ou individus polypiformes de la *Medusa aurita* se multiplient de la sorte (*d*). Nous aurons à revenir sur ce sujet, lorsque nous étudierons les phénomènes de génération alternante chez les Acalèphes, et ici je me bornerai à ajouter que la division spontanée des strobiles a été attribuée à un bourgeonnement par quelques auteurs (*e*), mais offre bien les caractères de la scissiparité, comme on peut le voir par les observations de M. Van Beneden et de M. Agassiz (*f*).

(*a*) Trembley, *Mémoire pour servir à l'histoire d'un genre de Polypes*, t. II, p. 54 et 147.

(*b*) Laurent, *Nouvelles recherches sur l'Hydre* (*Voyage de la Bonite*, ZOOPHYTOLOGIE, p. 25).

(*c*) G. Jæger, *Ueber das spontane Zerfallen der Süsswasserpolypen nebst einigen Bemerkungen über Generationswechsel* (*Sitzungsbericht der Wiener Akad.*, 1860, t. XXXIX, p. 341).

(*d*) Sars, *Beskrivelser og iagttagelser*, 1835, p. 16, pl. 1, fig. 6. — *Mém. sur le développement de la* Medusa aurita (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1841, t. XVI, p. 321, pl. 15, fig. 43-46).

(*e*) Desor, *Lettre sur la génération médusipare des Polypes hydraires* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1849, t. XII, p. 214).

(*f*) Van Beneden, *La strobilisation des Scyphistomes* (*Bulletin de l'Acad. de Belgique*, 2e série, 1859, t. VII, p. 451).

— Agassiz, *Contributions to the Natural History of the United-States of America*, t. IV, p. 32, pl. 11, 11 *a*.

poraires dont le corps se bifurque antérieurement, et ainsi naissance à deux individus portés sur un tronc in (1). Ce dernier genre de scissiparité se voit égale-hez les Vorticelles, et y détermine la formation d'indi-qui peuvent devenir complétement libres (2). Les Infu-

ns la grande majorité des cas, parité des Zoanthaires com-ans la région péristomienne, ant d'être circulaire, devient ovalaire ; un second orifice e forme ensuite à côté du , dans l'intérieur du cercle des es ; puis ce cercle s'infléchit points correspondant à l'es-npris entre les deux bouches, oints rentrants s'approchent n, de façon à constituer bien-: anneaux conjugués, comme e ∞, au centre de chacun des-e trouve un orifice buccal. lques Coralliaires, tels que les nes, la division ne va pas plus Il en résulte des séries d'indi-ui restent entièrement unis en-dans toute leur hauteur ; mais ral les disques péristomiens it l'un de l'autre, et, par l'ef-croissance, acquièrent chacun s particulier qui est une bi-n de celui de l'individu souche. es Madréporaires, ce mode tiplication détermine des dis-s particulières du polypier, it être massif, corymbiforme ux (a). M. Dana a attribué à tort ce phénomène à un bourgeonnement calycinal, mais il a donné de très-bonnes figures des états successifs ou définitifs de divers Zoanthaires qui se fissiparèrent (b).

Dalyell a constaté la reproduction scissipare au moyen de petits fragments détachés du bord du pied chez l'*Actinia lacerata* (c).

Je ne connais aucun exemple de scissiparité chez les Coralliaires de l'ordre des Alcyonaires.

(2) Vers le milieu du siècle dernier, Trembley observa ce mode de multiplication chez le *Vorticella arbuscula* (d), et plus récemment le même phénomène a été étudié par M. Ehrenberg (e) et par plusieurs autres naturalistes. L'individu qui va se comporter de la sorte se contracte en forme de boucle, puis se divise longitudinalement d'avant en arrière; la section commence dans la région péristomienne, de façon que l'un des nouveaux individus conserve le vestibule, la bouche, l'œsophage et le bulbe ou estomac, où se forment les bols alimentaires de l'individu souche, et que l'autre jeune conserve la plus grande partie de la spire des cirres buc-

ne Edwards, *Histoire naturelle des Coralliaires*, t. I, p. 27 et 76.
a, *Zoophytes*, p. 77, fig. 35-39, pl. 7, fig. 1, etc. (*United States exploring Expedition* *command of Captain. Wilkes*, 1846).
ell, *Rare and remarkable Animals of Scotland*, 1848, t. II, p. 230, pl. 47, fig. 15.
embley, *Observations upon several Species of water Insects of the Polypous kind* Trans., 1744, t. XLIV, p. 627, pl. 1, fig. 9).
enberg, *Infusionsthierchen*, 1838, pl. 25, fig. 3, etc.

soires proprement dits peuvent se multiplier par le même procédé (1), et quelquefois l'individu souche se partage en quatre ou même en huit portions qui deviennent chacune un

caux à l'extrémité de laquelle se développe une nouvelle cavité digestive. M. Stein pensait que toute la portion péristomienne de l'individu souche était résorbée avant le commencement de la division du corps en deux portions, et se développait de nouveau sur chacune de celle-ci ; mais MM. Claparède et Lachmann ont constaté que cette résorption n'a pas lieu, et que tous les organes de l'individu souche entrent dans la constitution de l'un ou de l'autre des deux jeunes individus (*a*). Tantôt chaque individu ainsi formé prolonge, pour son compte, le pédoncule par lequel il adhère au reste de la colonie ; d'autres fois ils acquièrent une couronne ciliaire postérieure et se détachent ensuite pour demeurer libres et nager ; ou bien encore l'un se détache et l'autre reste adhérent au pédoncule.

(1) Tous les Infusoires proprement dits paraissent pouvoir se multiplier par scissiparité ; mais il résulte des observations récentes de M. Balbiani, que les apparences attribuées à ce mode de reproduction dépendent souvent d'un simple rapprochement sexuel de deux individus qui s'accolent côte à côte par la partie antérieure de leur corps (*b*). En 1765, Beccaria aurait vu quelque chose de semblable (*c*), mais en 1769, Saussure constata le phénomène de la scissiparité chez ces Animalcules (*d*), et plus récemment M. Ehrenberg, à qui l'on doit une foule d'observations sur ce sujet, montra que, suivant les espèces, la division du corps peut avoir lieu transversalement, longitudinalement ou dans les deux sens (*e*). Ainsi, dans certaines circonstances, le *Colpoda cucullus* s'enkyste, puis se divise en deux portions qui, à leur tour, se partagent de la même manière ; et parfois cette scissiparité est portée encore plus loin, de façon qu'il se forme huit jeunes qui se revêtent chacun d'un kyste particulier et sortent ensuite du kyste primordial par suite de la rupture de celui-ci (*f*). Dans d'autres cas, ces Kolpodes paraissent se diviser en deux ou en quatre individus sans s'être enkystés ; mais, ainsi que je l'ai déjà dit, les micrographes sont aujourd'hui partagés d'opinion touchant la signification de ces phénomènes, et, dans beaucoup de cas, ce que l'on a pris pour de la scissiparité pourrait bien être une sorte d'accouplement ou le résultat d'un travail génésique interne (*g*).

(*a*) Claparède et Lachmann, *Études sur les Infusoires et les Rhizopodes*, 3ᵉ partie, p. 247.

(*b*) Balbiani, *Recherches sur les phénomènes sexuels des Infusoires* (extrait du *Journal de physiologie*, 1861).

(*c*) Voyez Spallanzani, *Opuscules de physique*, t. I, p. 168.

(*d*) Voyez Spallanzani, *Op. cit.*, t. I, p. 168.

(*e*) Ehrenberg, *Die Infusionsthierchen*, etc.

(*f*) Stein, *Die Infusionsthierchen*, p. 21.

(*g*) Balbiani, *Études sur la propagation des Protozoaires* (*Journal de physiologie*, 1860, t. III, p. 71). — *Recherches sur les phénomènes sexuels des Infusoires* (loc. cit., 1861).

le particulier (1). Des exemples de scissiparité ont ités également chez les Rhizopodes (2). Enfin, ces inférieurs ne sont pas les seuls qui soient susceptibles ltiplier ainsi par la division spontanée de leur corps; d'Annélides sont dans le même cas, et nous offrent ient des phénomènes semblables à ceux dont j'ai déjà mpte en parlant des expériences de Bonnet et d'autres istes sur les Naïs ou sur les Lombrics terrestres. exemples d'Annélides qui se reproduisent de la sorte a d'une partie plus ou moins considérable de la por- érieure de leur corps, je citerai les Naïs, les Syllis, les ; et quelques Serpuliens (3).

ultiplication par scissipa- observée que dans un petit cas. Dujardin a vu des du corps des Amibes ou Pro- pendant très-longtemps (*a*), ler a vu, chez la *Difflugia* deux individus résulter de spontanée d'un seul (*b*); rède et Lachmann ont dé- phénomène analogue chez *pistylidis* (*c*).

roduction des Spongilles par a été étudiée par Laurent. nt détaché artificiellement llement du Zoophyte souche d'une cavité qui bientôt dehors, et constitue la partie l'un système de canaux (*d*). Il est aussi à noter que tres jouissent à un très-haut degré de la faculté de réparer les solutions de continuité, et que les parties complétement séparées ou même étrangères l'une à l'autre se soudent rapidement entre elles dès qu'elles sont en contact (*e*).

(3) Il paraît y avoir des différences assez considérables dans la manière dont la multiplication par scissiparité s'effectue chez les divers Annélides, et quelquefois le résultat semble être compliqué par des phénomènes de gemmation.

Chez la *Naïs proboscidea*, dont la scissiparité a été constatée par O. F. Müller, Gruithuisen et quelques autres naturalistes, le corps de l'individu souche se partage en deux portions à peu près égales, et à l'extrémité antérieure de la portion

(*a*) ...n, *Histoire naturelle des Infusoires*, p. 230.

(*b*) ...ler, *Beiträge zur Naturgeschichte der Infusorien* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, ...4).

(*c*) ...de et Lachmann, *Op. cit.*, 3e partie, p. 209, pl. 10, fig. 2, etc.

(*d*) ...t, *Nouvelles recherches sur la Spongille, ou Éponge d'eau douce* (*Voyage de la* ...YTOLOGIE, p. 133).

(*e*) ...bank, *On the vital Powers of the Spongiadæ* (*British Association for the Advanc.* 1856, *Proceed. of the Sect.*, p. 438).

Gemmiparité.

§ 5. — La *gemmiparité* est un phénomène fort analogue à la scissiparité; la production de l'individu nouveau est aussi une conséquence directe du mode de croissance du corps de l'individu souche (1); mais les parties préexistantes de celui-ci n'entrent pas dans l'organisation du jeune ou n'y occupent

postérieure une tête se développe avant que la séparation ait commencé (*a*). L'Annélide errant, décrit par O. F. Müller sous le nom de *Nereis prolifera* (*b*), et appelé *Autolytus* par les auteurs les plus récents (*c*), présente un mode de division spontanée analogue, et M. de Quatrefages a observé les mêmes phénomènes chez une *Syllis* de nos côtes (*d*).

Chez les Serpulins, que l'on a désignés sous les noms de *Protula dysteri* (*e*) et *Filograna implexa* (*f*), une portion notable du corps de l'individu souche entre aussi dans la composition de l'organisme du second individu nouveau; mais chez la *Myriana*, que j'ai observée sur les côtes de la Sicile, un ou deux des derniers anneaux du corps semblent être les seuls qui concourent directement à la formation du jeune, et la presque totalité de l'organisme de celui-ci résulte d'une sorte de bourgeonnement; enfin, ce n'est pas un individu seulement qui naît à l'arrière du corps de l'individu souche, mais une série nombreuse de petits, qui sont d'autant plus jeunes qu'ils sont placés plus en avant (*g*).

(1) Dans le langage employé par Burdach, ces deux modes de multiplication sont désignés sous le nom commun de *génération accrémentitielle*, et la gemmiparité a été appelée aussi *génération surculaire* (*h*). M. Huxley a représenté les mêmes idées d'une manière un peu différente en appelant *développement continu* la propagation par division ou par bourgeonnement, et *propagation discontinue* la multiplication que Burdach appelait *sécrémentitielle* (*i*).

(*a*) O. F. Muller, *Zoologia Danica*, 1788, t. II, p. 15, pl. 52, fig. 6.

(*b*) Idem, *Naturgeschichte einiger Wurmarten*, pl. 1, fig. 2.

— Rœsel, *Insectenbelustigungen*, t. III, p. 571, pl. 92, fig. 3, etc.

— Gruithuisen, *Anatomie der gezügelten Nais* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXI, 2e partie, p. 244, pl. 35, fig. 1 et 3).

(*c*) Grube, *Die Familien der Anneliden* (Wiegmann's *Archiv für Naturgeschichte*, 1850, t. I, p. 310).

— *Agassiz, on Alternate Generation in Annelids and the Embryology of* Autolytus cornutus (*Boston Journal of Nat. Hist.*, 1862, t. VII, p. 384.)

(*d*) Voyez Milne Edwards, *Rapport sur une série de mémoires de M. de Quatrefages, relatifs à l'organisation des Animaux sans vertèbres des côtes de la Manche* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. I, p. 22).

(*e*) Huxley, *On a Hermaphrodite and Fissiparous species of Tubicolar Annelid* (*Edinburgh New Philosophical Journal*, 1855).

— Krohn, *Ueber die Erscheinungen bei der Fortpflanzung von* Syllis prolifera *und* Autolytus prolifer (*Archiv für Naturgeschichte von* Wiegmann, 1852, t. I, p. 66).

(*f*) Sars, *Fauna littoralis Norwegiæ*, 1re partie, p. 87, pl. 10, fig. 18 et 19.

(*g*) Milne Edwards, *Observations sur le développement des Annélides* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1845, t. III, p. 170, pl. 11, fig. 65).

(*h*) Burdach, *Traité de physiologie*, t. I, p. 48.

(*i*) Huxley, *On Agamic Reproduction* (*Trans. of the Linn. Soc.*, 1857, t. XXII, p. 219).

qu'une place très-minime, et celui-ci est constitué par des tissus de nouvelle formation qui se développent sur un ou plusieurs points du corps de l'individu producteur et qui sont en continuité de substance avec ces mêmes parties. La tendance à coordonner la matière assimilée de façon à réaliser la forme zoologique propre à l'espèce, au lieu de se manifester dans des fragments plus ou moins volumineux de l'organisme souche, se concentre ici dans un tissu nouveau produit par cet organisme, mais ne pouvant vivre encore d'une vie indépendante, et devant, pendant un certain temps, rester en connexion intime avec l'individu qui l'engendre et le nourrit.

Mode de format des bourgeor reproducte chez l'Hyd

Les Hydres ou Polypes à bras des eaux douces se prêtent très-bien à l'étude du mode de formation des bourgeons ou excroissances reproductrices. Ces petits Animaux, comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire, ont le corps à peu près cylindrique et creusé dans presque toute sa longueur d'une grande cavité digestive qui inférieurement se termine en cul-de-sac, et, par l'extrémité opposée, communique avec le dehors au moyen d'une bouche située au sommet d'un renflement dont la base est entourée d'un cercle de bras ou tentacules filiformes. Le bourgeon ne consiste d'abord que dans un léger renflement d'un point bien circonscrit de la paroi latérale de la cavité stomacale qui fait alors saillie à la surface du corps et prend bientôt la forme d'un tubercule ou mamelon (1). Celui-ci s'al-

(1) La multiplication des Hydres par gemmation a été très-bien étudiée par Trembley et par plusieurs autres naturalistes. Elle a lieu fréquemment pendant la saison chaude, quelquefois aussi en hiver, et paraît être provoquée par l'excitation mécanique que les matières alimentaires d'un certain volume exercent sur les parois de la cavité digestive. En général, les bourgeons reproducteurs se développent près du pied de l'Animal, et il est rare d'en voir plus de trois ou quatre sur le même individu ; mais en nourrissant ces Polypes abondamment avec des larves dont le corps est anguleux

(a) Trembley, *Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre de Polypes d'eau douce*, t. II, p. 3 et suiv.

longe et se creuse d'une cavité qui en occupe l'axe, et qui est un prolongement de l'estomac de l'individu souche, mais qui ne communique pas directement avec l'extérieur et se termine en cul-de-sac extérieurement. Les tentacules commencent alors à naître autour de l'extrémité libre du bourgeon, dont la base se rétrécit et se transforme en un cylindre plein, de manière à interrompre la communication entre la cavité centrale de l'individu en voie de formation et l'estomac de l'individu souche. Puis l'extrémité opposée du bourgeon se renfle et se perfore pour donner naissance à la bouche. Enfin le pied s'étrangle, et le nouveau Polype ainsi constitué se détache de l'individu producteur pour devenir libre et jouir d'une vie complétement indépendante de la sienne.

Multiplication des Coralliaires, etc., bourgeonnement.

La plupart des Coralliaires, les Sertulariens, quelques Médusaires, les Bryozoaires et certaines Ascidies, sont susceptibles de se multiplier d'une façon analogue ; il en est de même pour certains Vers. Mais en général les nouveaux individus provenant de bourgeons restent fixés sur l'individu souche et se reproduisent à leur tour par gemmation ; il en résulte des colonies ou agrégats de Polypes qui sont unis par continuité de substance, et constituent en quelque sorte un Animal complexe. Tantôt l'estomac du jeune reste en communication directe avec celui de l'individu dont il naît (1), d'autres fois il s'en trouve séparé par une portion du tissu commun ; mais en général

et distend sur certains points leur estomac, on a vu des bourgeons se former sur les parties moyenne et antérieure du corps (*a*). La gemmation n'a jamais lieu sur les tentacules.

(1) Par exemple, chez les Coralliaires de l'ordre des Alcyonaires, dont j'ai formé le genre *Alcyonidia* (*b*) ou *Paralcyonium* (*c*).

C'est à raison d'un mode de gemmation analogue que les colonies de Sertulariens présentent une cavité di-

(*a*) Laurent, *Nouvelles recherches sur la Spongille, ou Éponge d'eau douce*, p. 4 (*Voyage de la Bonite*, ZOOPHYTOLOGIE).

(*b*) Milne Edwards, *Mémoire sur un nouveau genre de la famille des Alcyonaires* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1835, t. IV, p. 328, pl. 12, fig. 1, et pl. 13, fig. 6).

(*c*) Idem, *Histoire des Coralliaires*, t. I, p. 429.

oies restent ouvertes pour le passage des liquides nour- s d'un estomac à l'autre, de façon que l'alimentation de e membre de la communauté profite à ses voisins. Il est à noter que chez certains Coralliaires les bourgeons se nt dans l'épaisseur de la couche extérieure du corps du e ou du tissu commun qui unit entre eux les divers dus (1), et que chez les Bryozoaires, ainsi que chez les

et irrigatoire rameuse et com- a). Lorsque le bourgeon repro- r commence à se former, il ne e qu'en un épaississement du ou qui tapisse intérieurement cornée de ces Zoophytes, et qui crit leur cavité digestive ; à que cette excroissance grossit, tion adjacente du polypier se et il en résulte bientôt un ule qui s'allonge en forme de e, puis se renfle à son extré- Un canal central s'y creuse en- et la partie terminale qui va ner la portion protractile du se sépare latéralement de la correspondante du polypier qui la forme d'une cupule ; elle de- ent claviforme, et la couronne de iles circumbuccaux commence miner sur son bord antérieur ; la bouche se constitue, et ces s appendices s'allongent et de- nt protractiles. Divers degrés de l'évolution de ces bourgeons ont été décrits et figurés par plusieurs naturalistes chez les Campanulaires ou Sertulaires (*b*). La multiplication par bourgeons a été observée aussi chez quelques Médusaires du groupe des Gymnophthalmes, notamment chez des *Thaumantias* et des Lizzies (*c*).

(1) Ainsi, chez les Alcyons proprement dits, ou Lobulaires, où le cœnenchyme est très-épais et parcouru par une multitude de canaux rameux qui naissent du fond de la cavité digestive de chaque individu, le bourgeonnement consiste d'abord en une sorte d'hypertrophie de ce tissu commun. Il se forme ainsi une protubérance plus ou moins volumineuse dans l'épaisseur de laquelle se développent ensuite plusieurs individus nouveaux. Pendant la première période de cette gemmation, la partie en voie de développement ressemble extrêmement à un Spongiaire (*d*).

yez tome III, page 52.
volini, *Memorie per servire alla storia de' Polipi marini*, 1785, p. 151, pl. 5, fig. 3.
Meyen, *Observationes zoologicæ* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1834, t. XVII, *Supplé*- t. 30, fig. 1 et 2 ; pl. 32, 33, 34).
ster, *Some Observations on the Structure and Functions of Tubular and Cellular Polypi* idiæ (*Philos. Trans.*, 1834, p. 373, pl. 9, etc.).
an Beneden, *Mémoire sur les Campanulaires de la côte d'Ostende considérées sous les physiologique, embryologique et zoologique* (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, 1844, t. XVII, pl. 1, fig 5-11).
em, *Recherches sur l'embryogénie des Tubulaires* (loc. cit., pl. 5, fig. 10-14).
gassiz, *Contributions to the Natural History of the United States of America*, t. IV.
ars, *Fauna Norwegiæ*.
, Forbes, *A Monograph of the British naked-eyed Medusæ*, p. 16 (*Ray Society*, 1858).
Milne Edwards, *Observations sur les Alcyons proprement dits* (*Ann. des sciences nat.*, , 1835, t. IV, p. 339, pl. 16, fig. 1 et 6).

Ascidies, ils sont fournis par les parois de la cavité viscérale, de façon à n'avoir aucune connexion avec le tube digestif de l'individu souche (1) ; mais, dans tous les cas, la cavité dont le bourgeon se creuse, est d'abord un prolongement ou *diverti-*

(1) Chez certaines Ascidies agrégées, telles que la Claveline lépadiforme, des prolongements semblables à des stolons naissent du pied de l'Animal, et contiennent chacun un appendice tubulaire de la tunique membraneuse qui tapisse la cavité viscérale dans lequel le sang dont ce réservoir est rempli circule librement. Ces stolons rampent sur le sol, et à leur extrémité naît un tubercule qui, en se développant, devient un nouvel individu (*a*). Chez les Ascidies composées, le bourgeonnement se fait à peu près de la même manière, si ce n'est que le prolongement digitiforme de la tunique de la cavité abdominale, au lieu d'être contenu dans un appendice radiciforme du système tégumentaire, reste empâté dans la profondeur de ce dernier tissu (*b*).

Chez les Bryozoaires, les bourgeons reproducteurs se développent tantôt sur des prolongements stoloniformes de l'individu souche (*c*), tantôt sur la côte (*d*) ou à l'extrémité antérieure du corps de celui-ci (*e*).

Le mode de reproduction des Biphores, qui n'ont pas d'appareil génital, paraît devoir être considéré aussi comme un phénomène de gemmiparité ; seulement le bourgeonnement a lieu dans un point déterminé à l'intérieur du corps et se continue de façon à produire une série d'individus qui restent unis entre eux en forme de chaîne double ou de ruban, et qui se reproduisent seulement au moyen d'œufs isolés (*f*). Nous reviendrons sur ce sujet en traitant des phénomènes des générations alternantes.

(*a*) Milne Edwards, *Observations sur les Ascidies composées*, p. 44, pl. 2, fig. 1, 1 *b*, etc.

(*b*) Idem, *Op. cit.*, pl. 7, fig. 1, 1 *b*, 1 *c*, 3 *b*, 5 *a*, etc.

(*c*) Exemples : *Vesicularia* : voy. Thompson, *Zoological Researches*, 5ᵉ mém., pl. 2, fig. 1.

— *Bowerbankia* : voy. Fare, *Observ. on the minute Struct. of some of the higher Forms of Polypi* (*Philos. Trans.*, 1837, p. 400, pl. 9, fig. 2).

— *Laguncula repens* : voy. Van Beneden, *Recherches sur l'organisation des Laguncula* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Bruxelles*, 1845, t. XVIII, pl. 2 et 3).

— *Pedicellina belgica* : voy. Van Beneden, *Recherches sur les Bryozoaires, histoire naturelle du genre* Pedicellina (*Mém. de l'Acad. des sciences de Bruxelles*, 1845, t. XVIII, pl. 9 et 10).

(*d*) Exemple : *Alcyonelle*, ou *Lophopus cristallinus* : voy. Trembley, *Mém. pour servir à l'histoire des Polypes*, t. II, p. 140, pl. 10, fig. 8 — Raspail, *Histoire naturelle de l'Alcyonelle fluviatile* (*Mémoires de la Société d'histoire naturelle*, 1828, t. IV, p. 114, pl. 13, fig. 3, 4, 5, etc.). — Allman *A Monograph of the fresh water Polyzoa*, p. 35, pl. 11, fig. 10-16 (*Ray. Soc.*, 1856).

(*e*) Exemple : *Paludicella* : voy. Dumortier et Van Beneden, *Histoire naturelle des Polypes composés d'eau douce*, 2ᵉ partie, p. 52, pl. 2 et 3 (*Mém. de l'Acad. des sciences de Bruxelles*, t. XV).

(*f*) Chamisso, *De animalibus quibusdam in circumnavigatione terræ observatis*, 1819.

— Eschricht, *Anatomisk-physiologiske underösgelser over Salperne* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Copenhague*, 1839, t. VIII, p. 297, pl. 4).

— Krohn, *Observations sur la génération et le développement des Biphores* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1846, t. VI, p. 110).

— Huxley, *Observ. upon the Anat. and Physiol. of Salpa and Pyrosoma* (*Philos. Trans.*, 1851, p. 573).

culum, soit de l'estomac, soit des branches radiculaires qui partent de cette cavité, ou bien de la grande chambre viscérale qui contient le fluide nourricier, de sorte qu'il y a toujours une solidarité nutritive plus ou moins complète entre les divers individus. Enfin, le siége des phénomènes d'accroissement reproducteur varie, et il en résulte des différences considérables dans le mode de groupement des individus et dans la forme générale de l'agrégat constitué par ces colonies zoologiques. Ainsi, chez les uns, les bourgeons peuvent naître sur tous les points de la surface latérale du corps des individus reproducteurs, et, en se développant, ils constituent alors des branches disposées irrégulièrement, ou en gerbe ; tandis que chez d'autres, la gemmation est limitée au pourtour du pied ou à certains points déterminés de l'un des côtés du corps (1).

(1) Comme exemple de cette dissémination de la faculté gemmipare sur tous les points de la surface latérale du corps du Polype, je citerai d'abord les Hydres d'eau douce. Chez la plupart des Alcyonaires, cette propriété est répandue dans toutes les parties du cœnenchyme épais qui revêt extérieurement ces Animaux et qui constitue leur polypiéroïde. Lorsque leur corps a une forme allongée et que le cœnenchyme se développe de façon à empâter toute la colonie, il en résulte des masses plus ou moins arrondies, dans l'intérieur desquelles les individus sont disposés en gerbe, ainsi que cela se voit chez les Alcyons proprement dits (*a*). Lorsque le corps de ces Polypes est au contraire fort court, le cœnenchyme s'étale en lame plus ou moins mince à l'une des surfaces de laquelle tous les Polypes font saillie, tandis que la surface opposée adhère à quelque corps étranger, comme chez les Anthélies (*b*), ou donne naissance à un Polype épidermique basilaire, comme chez le Corail et les Gorgones (*c*). D'autres fois la portion du cœnenchyme qui va être le siége du travail reproducteur s'allonge d'abord, et constitue une branche rampante en forme de stolon à l'extrémité de laquelle le jeune individu se développe, ainsi que cela se voit chez les Cornulaires (*d*).

Dans l'ordre des Zoanthaires, on

(*a*) Milne Edwards, *Observations sur les Alcyons* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1835, t. IV, p. 339, pl. 15 et 16).

(*b*) Savigny, *Égypte* (*Histoire naturelle*, POLYPES, pl. 1, fig. 5).
— Milne Edwards, *Histoire naturelle des Coralliaires*, t. I, pl. B, 1, fig. 3.

(*c*) Cavolini, *Mem. per servire alla storia dei Polipi marini*, pl. 1.
— Milne Edwards, *Atlas du Règne animal* de Cuvier, ZOOPHYTES, pl. 79 et 80.

(*d*) Idem, *ibid.*, pl. 65, fig. 3.

Influence de phénomène sur conformation des Animaux agrégés.

L'étude de ces particularités est d'un grand intérêt pour l'histoire morphologique des Coralliaires et de leurs polypiers, mais ne saurait trouver place ici, et je me bornerai à ajouter qu'en général tous les individus produits ainsi par gemmation se ressemblent entre eux; mais qu'il n'en est pas toujours ainsi, et que chez certains Zoophytes, ainsi que chez plusieurs Bryozoaires, les différences sont parfois si considérables, que l'association physiologique se trouve composée de membres dont les fonctions, de même que la structure, sont dissemblables (1). La division du travail s'introduit alors dans l'association, et les divers individus peuvent être considérés

rencontre des différences analogues dans la position des bourgeons et dans les rapports des divers individus entre eux. Il en résulte que le polypier est tantôt arborescent (*a*), tantôt massif (*b*), et d'autres fois étalé en forme de lame (*c*). Quelquefois aussi les jeunes naissent sur une expansion basilaire de l'individu souche, et ne communiquent avec lui que par l'intermédiaire de cette expansion (*d*); d'autres fois l'expansion proligère est stoloniforme (*e*). Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux traités spéciaux sur les Coralliaires (*f*).

(1) M. Nordmann a constaté l'existence de deux sortes d'individus chez le *Tendra zostericola* (*g*), et M. de Quatrefages a observé des faits analogues chez les Synhydres. Celles-ci se développent par bourgeonnement sur une expansion basilaire commune, et s'élèvent parallèlement entre elles en restant libres, excepté par le pied: les unes sont pourvues d'une couronne de tentacules grêles, d'une bouche et d'une cavité digestive qui communique inférieurement avec celle de ses congénères au moyen de canalicules; les autres n'ont pas d'appareil digestif et donnent naissance à des bulbilles ou bourgeons reproducteurs caducs (*h*).

(*a*) Exemple : le *Dendrophyllea ramea* (voy. l'*Atlas du Règne animal*, ZOOPHYTES, pl. 83, fig. 1).

(*b*) Exemple : l'*Asteroides calycularis* (voy. l'*Atlas du Règne animal*, ZOOPH., pl. 83, fig. 2).

(*c*) Exemple : la *Turbinaire grise*, ou *Explanaire mésentérine* (voy. l'*Atlas du Règne animal*, ZOOPH., pl. 83 *ter*, fig. 2).

(*d*) Exemples : le *Polythoa mamellosa* (voyez Lamouroux, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 4).

(*e*) Exemple : le *Zoanthus socialus* (voyez Lamouroux, *Exposition méthodique des genres de l'ordre des Polypiers*, pl. 1, fig. 4 et 6).

(*f*) Dana, *Zoophytes*, p. 57 et suiv. (*United States exploring expedition under the command of Captain Wilkes*).

— Milne Edwards, *Histoire naturelle des Coralliaires*, t. I, p. 28 et suiv.

(*g*) Nordmann, *Recherches sur l'anatomie et le développement du Tendra zostericola* (*Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée*, par Demidoff, 1840, t. III, p. 631, POLYPES, pl. 2).

(*h*) A. de Quatrefages, *Mém. sur la Synhydre parasite* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1844, t. XX, p. 230, pl. 8 et 9).

les organes particuliers d'un être complexe. Parfois ligne de démarcation entre les Animaux agrégés et aux simples, mais à parties homologues multiples, insi assez difficile à établir, et les zoologistes ne sont l'accord au sujet de la manière d'envisager la consti- certains corps animés, tels que les Stéphanomies et rdrostatiques, qui, pour les uns, sont des colonies d'in- olymorphes unis organiquement par une partie com- adis que pour d'autres, ce sont des individus pourvus altitude d'organes de deux ou de trois sortes qui se indéfiniment (1). Des incertitudes du même ordre au sujet du mode de constitution de certains Vers, tels inia, qui se compose d'une série d'articles dont la pro- st due à un phénomène de bourgeonnement, et dont re offre la plus grande analogie avec celle de quel- imaux de la même classe dont le corps est simple :

ur fut le premier à émettre e les Stéphanomies étaient ux agrégés vivant en so- mais jusqu'à ces derniers upart des zoologistes pen- les différentes parties de animées étaient plutôt des n seul et même individu. la MM. Leuckart, Huxley, quelques autres zoologistes, des bases plus solides à de Lesueur, et aujourd'hui la plupart des naturalistes s'accordent à regarder ces singuliers êtres comme des colonies de Zoophytes hétéromorphes. (6) Mais, ainsi que je viens de le dire, la ligne de démarcation entre les individus agrégés de la sorte, et les zoonites ou segments de certains Animaux annelés qui se multiplient par une sorte de bourgeonnement, est difficile à fixer avec précision (c).

marck, *Histoire des Animaux sans vertèbres*, 1816, t. II, p. 462.
cherches *sur les Animaux inférieurs de la Méditerranée*, 1834.
, *Ueber den Bau der Physalie* (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, 1851, t. III,
fm. *sur la structure des Physalies et des Siphonophores* (*Ann. des sciences nat.*, , t. XVIII, p. 201).
Contributions to the Natural History of the United States, 1860, t. III, p. 50 et

ps, *Mém. sur l'organisation des Physalies* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1854,

kart, *Ueber den Polymorphismus der Individuen, oder die Erscheinungen der g in der Natur*, 1851.

jadis la plupart des zoologistes considéraient un Ténia à segments multiples comme étant un seul individu, tandis qu'aujourd'hui la plupart des auteurs regardent ces espèces de rubans articulés comme des colonies composées d'autant d'individus que l'on y compte de segments (1).

Reproduction par bulbilles.

§ 6. — Dans quelques cas, la multiplication des Animaux, tout en étant encore un phénomène de nutrition, s'effectue d'une manière un peu différente. La portion de l'organisme de l'individu souche qui correspond au bourgeon reproducteur se détache avant d'avoir constitué un nouvel individu semblable au premier, mais n'en continue pas moins à vivre et à s'accroître, et, en se développant, elle acquiert le mode de structure propre aux représentants parfaits de son espèce. On désigne sous le nom de *bulbilles* ces espèces de bourgeons caducs qui, de même que chacun des fragments du corps d'un Animal fissipare, jouissent de la propriété de se compléter de façon à réaliser la forme typique propre de leur race. On en a observé chez quelques Zoophytes : chez les Synhydres, par exemple (2). Mais ce mode de reproduction est très-rare dans le Règne animal, et, du reste, les êtres chez lesquels il existe, de même que les espèces scissipares ou gemmipares, sont susceptibles de se multiplier aussi par oviparité.

Reproduction au moyen d'œufs.

§ 7. — Chez la plupart des Animaux, et notamment chez tous ceux qui sont élevés en organisation, ce dernier mode de

(1) Je reviendrai sur ce sujet lorsque je traiterai des générations alternantes.

(2) M. de Quatrefages a fait connaître ce mode de reproduction chez la Synhydre parasite. Les bulbilles ou bourgeons caducs se montrent d'abord sous la forme d'un tubercule creux dont l'intérieur communique librement avec la cavité digestive de l'individu souche. Cette excroissance s'allonge, puis s'étrangle à sa base, et enfin devient libre ; elle constitue alors un corps ovoïde isolé et indépendant, qui bientôt se fixe, s'allonge, se garnit d'une couronne de tentacules à son sommet, et se perfore de façon à constituer un nouvel individu polypiforme (*a*).

(*a*) Quatrefages, *Mémoire sur la Synhydre parasite* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1843, t. XIX, p. 243, pl. 8, fig. 9 à 16).

reproduction est le seul qui existe, et, comme je viens de le dire, on l'observe aussi chez presque toutes les espèces qui sont scissipares ou gemmipares. Quelques êtres microscopiques, qui, à raison de leur petitesse extrême, n'ont pu être étudiés d'une manière complète, ne nous ont pas encore rendus témoins de ce phénomène ; mais il me semble probable qu'ils doivent être susceptibles de se multiplier de la sorte, et par conséquent la génération ovipare me paraît devoir être considérée comme une faculté commune à tous les Animaux.

Dans ce travail reproducteur, la formation de l'individu nouveau n'est pas une conséquence de l'extension du tissu constitutif de l'individu souche ; la matière plastique qui y donne naissance est produite par celui-ci sans être mise en continuité de substance avec lui ; elle en est indépendante avant d'être le siége d'aucun phénomène embryogénique appréciable, et elle possède seulement l'aptitude à un développement de ce genre. Tout en étant logé plus ou moins profondément dans la substance du tissu vivant de l'individu souche, le corps reproducteur n'y adhère pas, et dès l'origine il est isolé de façon à avoir une individualité propre. Il consiste en une cellule ou vésicule membraneuse contenant de la matière organisable, et quel que soit le degré de simplicité ou de complication de sa structure, il peut être désigné d'une manière générale sous le nom d'*œuf*.

Constituti[on] de l'œuf.

La partie essentielle de ce corps reproducteur est toujours constituée par une sphère dite ***vitelline***, qui loge primitivement dans sa partie centrale une cellule arrondie à parois membraneuses, appelée ***vésicule germinative***, ou ***vésicule de Purkinje***, en l'honneur d'un habile physiologiste de Breslau à qui on en doit la découverte (1). Cette utricule renferme un liquide albu-

(1) Cette observation capitale, faite d'abord sur l'œuf des Oiseaux, fut publiée pour la première fois en 1825, à l'occasion du jubilé semi-séculaire de

Vitellus. mineux qui est tantôt d'une transparence parfaite, d'autres fois chargé de corpuscules qui ont été désignés sous le nom de *taches germinatives* (1). Elle est entourée d'une couche plus ou moins épaisse de matière semi-fluide, visqueuse et granuleuse, qui est en général fortement colorée soit en jaune, soit en brun, en vert, ou de quelque autre manière, et qui est appelée le *vitellus*. C'est elle qui forme le jaune de l'œuf de la Poule. A l'aide du microscope, on y distingue d'ordinaire trois sortes de corpuscules : des granules blanchâtres, qui paraissent devoir être considérés comme destinés à entrer directement dans la constitution de l'embryon, à en être les premiers matériaux, et qui peuvent être désignés sous le nom de corpuscules plastiques ; des sphérules ou cellules d'un volume plus considérable, appelées plus spécialement les globules vitellins, qui ne paraissent jouer qu'un rôle indirect

Blumenbach (*a*), et fut exposée d'une manière plus complète par M. Purkinje dans d'autres écrits (*b*). En 1833, M. Coste découvrit la vésicule germinative de l'œuf des Mammifères (*c*), et bientôt après plusieurs autres publications eurent lieu sur le même sujet (*d*). M. Baer avait de son côté constaté l'existence de cette vésicule dans l'œuf d'un grand nombre d'Animaux inférieurs (*e*).

(1) Le contenu de la vésicule germinative fut étudié vers la même époque avec beaucoup de soin par M. Wagner (*f*), et l'on donne parfois le nom de ce physiologiste aux taches dites germinatives qu'y s'y font remarquer. D'après M. Van Beneden, cette tache serait parfois due à la présence d'une cellule logée dans l'intérieur de la vésicule germinative (*g*).

(*a*) J. E. Purkinje, *Symbolæ ad ovi historiam ante incubationem*. Leipsig, 1825.

(*b*) Seconde édition de l'opuscule précédent, 1830 — Article Ei, dans le *Berliner Encyclopädisches Wörterbuch*, 1834, t. X.

(*c*) Coste, *Recherches sur la génération des Mammifères*, 1834, p. 29.

(*d*) Wharton Jones, *On the Ova of Man and Mammiferous Brutes as they exist in the Ovaries before impregnation, and on the discovery in them of a vesicle* (*London Medical Gazette*, 1838, p. 680).

— Bernhardt et Valentin, *Symbolæ ad ovi Mammalium historiam ante prægnationem*, 1834.

(*e*) Baer, *Lettre sur la formation de l'œuf*.

(*f*) Wagner, *Einige Bemerkungen und Fragen über das Keimbläschen* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1835, p. 373, pl. 8, fig. 1-7). — *Prodromus historiæ generationis Hominis atque Animalium*, 1836.

(*g*) Van Beneden, *Recherches sur la structure de l'œuf dans un nouveau genre de Polype* (*Bulletin de l'Acad. de Bruxelles*, 1847, t. VIII, p. 89).

formation du futur Animal, et qui consistent essen-nt en matière nutritive; enfin des sphérules trans-s, qui réfractent fortement la lumière, et qui ne pa-être que des gouttelettes d'huile (1). L'analyse e nous apprend que le vitellus se compose princi-it de matières albuminoïdes associées à des sels orga-et presque toujours aussi à des corps gras (2); mais

Composition chimique du Vitellus.

matériaux organiques du t été étudiés au microscope ars observateurs, parmi les-citerai MM. Baer, Wagner, Coste, Prevost et Lebert, hompson, etc. (*a*).

composition chimique des s plus particulièrement de a Poule, a été étudiée par expérimentateurs; mais nos aces à ce sujet laissent en-coup à désirer: car, d'une listinction des principes im-dont le vitellus est formé de grandes difficultés, et, irt, les chimistes n'ont exa-énéral que l'ensemble de la masse vitelline ou de l'albumine, sans chercher à déterminer le mode de distribution des matières entre les divers éléments organiques de ces corps (*b*).

On sait depuis longtemps que le jaune de l'œuf de la Poule contient une huile particulière (*c*), et, d'après l'analyse de Prout, les matières grasses s'y trouveraient dans la proportion de 29 parties sur 100, associées à 17 centièmes d'albumine et à 34 centièmes d'eau (*d*); mais des recherches plus récentes ont fait voir que la composition de ce vitellus est beaucoup plus complexe. Ainsi, M. Chevreul en a extrait deux principes colorants, l'un

Entwickelungsgeschichte der Thiere, t. II, p. 19.
er, *Histoire de la génération et du développement*, trad. par Habets, 1841, p. 41.
nn, *Mikroscopische Untersuchungen über die Natureinstimmungen in der Structur achsthum der Thiere und Pflanzen*, 1839, p. 55.
Histoire générale et particulière du développement des êtres organisés, 1847, t. I,
.
t et Lebert, *Mém. sur la formation des organes de la circulation, etc.* (*Ann. des* ., 3e série, 1844, t. I, p. 206 et suiv., pl. 1, fig. 2-10).
, *Mém. sur la structure et les fonctions des appendices vitellins de la vésicule ombi-ulet* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1848, t. IX, p. 11).
Thompson, art. Ovum (Todd's *Cyclopædia of Anat. and Physiol.*, t. V, p. 71, fig. 52, etc.
, *Untersuch. über die Entwickelung der Wirbelthiere*, 1855, p. 3.
r, *Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere*, 1861, t. I,

es observations à ce sujet ont été faites par Lehmann (*Lehrbuch der physiologischen* 58, t. II, p. 306 et suiv.).
r, *Dict. de chimie*, 1781, t. II, p. 145.
, voy. Home, *On the Formation of fat in the intestine of the Tadpole and the use in the Formation of the Embryo in the Egg* (*Philos. Trans.*, 1816, t. CVI, p. 308).
Some Experiments on the Changes which take place in the fixed principles of the incubation (*Philos. Trans.*, 1822, p. 388).

que la nature des substances azotées dont je viens de parler varie suivant les Animaux. Tantôt elles ne diffèrent pas sensiblement de l'albumine proprement dite, tandis que d'autrefois elles s'en éloignent assez pour être considérées par les chimistes comme constituant toute une série de principes immédiats particuliers, auxquels on a donné les noms de *vitelline*,

jaune, l'autre rouge (*a*). MM. Dumas et Cahours y ont reconnu une matière albuminoïde particulière qui a reçu le nom de *vitelline* (*b*), et qui ressemble beaucoup à la fibrine (*c*), mais que quelques chimistes considèrent comme un mélange de caséine et d'albumine (*d*), hypothèse qui ne semble cependant pas en accord avec la composition élémentaire de ces différentes substances. Le jaune de l'œuf de la Poule contient aussi de l'albumine, et M. Lehmann paraît en avoir extrait de la caséine (*e*). Les matières grasses que l'on en tire sont de l'oléine, de la margarine, de la cholestérine, ou un corps qui y ressemble beaucoup, une matière grasse contenant du phosphore, et qui a été décrite sous le nom de *cérébrine ;* enfin des acides margarique et oléique. Mais, suivant M. Gobley, ces acides, ainsi que la matière phosphorée, résulteraient de la décomposition d'une substance visqueuse à laquelle ce chimiste a donné le nom de *lécithine* (*f*). Enfin M. Lehmann a toujours trouvé dans le vitellus du glucose (*g*).

Le jaune de l'œuf de Poule est légèrement alcalin et contient divers sels, principalement à base de potasse (*h*). L'acide phosphorique paraît être aussi un des principaux principes constitutifs de ces composés, et l'on y a trouvé aussi de l'acide lactique (*i*). D'après les recherches de M. Poleck, les chlorures paraîtraient y manquer complétement ; mais il résulte des analyses des cendres du vitellus dues à M. Gobley et à MM. Rose et Weber, que le chlorure de sodium n'y fait pas complétement défaut (*j*). Enfin, on y a signalé aussi la présence du fer et de la silice.

(*a*) Chevreul, art. ŒUF du *Dictionnaire des sciences naturelles*, 1825, t. XXXV, p. 444.

(*b*) Dumas et Cahours, *Mém. sur les matières azotées neutres de l'organisation* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, t. VI, p. 423).

(*c*) Fremy et Pelouze, *Traité de chimie*, 1857, t. VI, p. 79.

(*d*) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, t. II.

— Day, *Chemistry in its relations to Physiology and Medicine*, 1860, p. 114.

(*e*) Lehmann, *Op. cit.*

(*f*) Gobley, *Sur l'existence des acides oléique, margarique et phosphoglycérique dans le jaune de l'œuf* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1845, t. XXI, p. 766).

(*g*) Lehmann, *Op. cit.*

(*h*) Poleck, *Analyse der Asche von Eiweiss* (Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*, 1850, t. LXXIX, p. 155).

(*i*) Gobley, *Recherches chimiques sur le jaune de l'œuf* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1845, t. XXI, p. 989 ; — *Journal de pharmacie*, 3e série, 1846, t. IX, p. 5).

(*j*) Rose, *Ueber die anorganischen Bestandtheile in den organischen Körpern* (Poggendorff's *Annalen*, 1850, t. LXXIX, p. 399).

d'*emydine*, d'*ichthine*, etc. (1). Enfin la masse glutineuse constituée de la sorte est d'ordinaire limitée extérieurement par une tunique utriculiforme qui est connue sous le nom de *membrane vitelline*.

Souvent la cellule ou sphère vitelline est entourée d'une couche albumineuse plus ou moins épaisse, qui constitue le blanc de l'œuf des Oiseaux, et qui à son tour est d'ordinaire contenue dans une vésicule membraneuse ; on appelle cette partie accessoire l'*albumen* (2), et dans la plupart des cas sa tunique est à son tour revêtue d'une coque plus ou moins solide dont la nature varie suivant les Animaux. Chez les Oiseaux, ainsi

(1) M. Fremy a fait en commun avec M. Valenciennes une série intéressante de recherches sur la composition chimique de l'œuf dans les différentes classes d'Animaux (a), et il résulte des expériences de ces savants que la vitelline ne se rencontre que dans le vitellus des Oiseaux et de quelques Reptiles ; que chez les Tortues, l'œuf, très-riche en albumine et en huile phosphorée, contient un principe immédiat particulier auquel le nom d'*émydine* a été donné ; que chez les Batraciens et les Poissons plagiostomes, les granules vitellins sont formés par une autre substance nommée *ichthine*, et que chez les Poissons osseux cette dernière matière est remplacée par des principes qui s'en distinguent chimiquement, et qui ont reçu les noms d'*ichthidine* et d'*ichthuline* ; que la matière albuminoïde de l'œuf des Mollusques n'est pas coagulable par la chaleur et diffère de celle des autres œufs ; enfin, que chez les Insectes et les Arachnides, le vitellus contient, associé à des corps gras, une substance organique précipitable par l'eau et paraissant être d'une nature particulière. Du reste, toutes ces substances, lors même qu'elles seraient réellement autant de principes immédiats particuliers, appartiendraient à un même groupe, et par leur composition élémentaire elles ressemblent beaucoup à de l'albumine qui serait associée à quelque matière phosphorée.

Il est aussi à noter que les corps gras paraissent manquer complétement dans l'œuf de quelques Animaux ; ainsi M. Fremy n'en a trouvé aucune trace dans les œufs du Limaçon.

(2) La plupart des chimistes considèrent le blanc de l'œuf de la Poule comme étant de l'albumine pure : mais cette opinion est erronée ; il contient aussi des matières grasses, des carbonates alcalins et d'autres sels ; enfin, M. Lehmann y a toujours

(a) Fremy et Valenciennes, *Recherches sur la composition des œufs dans la série des Animaux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1854, t. XXXVIII, p. 469, 525 et 576).

que chez divers Reptiles, c'est une lame calcaire ou coquille; chez d'autres Reptiles, elle est formée par une substance coriace et flexible; chez certains Poissons, elle a la consistance de la corne, et chez les Insectes elle présente souvent l'aspect d'un grillage. Du reste, cette coque, de même que la membrane de l'albumen et l'albumen lui-même, ne joue qu'un rôle accessoire dans la constitution de l'œuf, et toutes ces parties peuvent manquer de façon à réduire celui-ci à la sphère vitelline seulement.

L'œuf est dès son origine un corps doué de vie; il est le siége de phénomènes physiologiques remarquables, et il se développe par l'effet d'un travail intérieur qui a de l'analogie avec le mouvement nutritif dont les tissus de l'organisme sont le siége chez tous les Animaux. De même que tous les êtres vivants, il est d'abord très-petit, mais il grandit en s'assimilant des matières étrangères, et, à mesure qu'il s'accroît de la sorte, sa constitution se modifie. En ce moment, je ne puis entrer dans aucun détail à ce sujet; mais je puis dire d'une manière générale que l'œuf est constitué d'abord par la vésicule germinative, autour de laquelle se développe ensuite le vitellus (1). Celui-ci est formé primitivement par des granules qui parais-

trouvé du sucre (a). Il est aussi à noter que l'on y remarque des différences assez grandes chez diverses espèces d'Oiseaux; et il paraîtrait même, d'après les expériences de M. Fremy, que les substances albuminoïdes qu'il contient ne sont pas de même nature dans toutes les classes du Règne animal (b) : ainsi, le blanc de l'œuf des Oiseaux, en se dissolvant dans l'acide chlorhydrique, donne au liquide une couleur bleu violacé, tandis que celui des œufs de certains Poissons ne colore pas ce réactif quand il s'y dissout. La température à laquelle cette substance se coagule varie aussi; mais il me paraît probable que cela peut dépendre de la proportion de soude qui s'y trouve associée.

Nous aurons bientôt à revenir sur l'étude de la structure de cette partie de l'œuf.

(1) Quelques Animaux inférieurs se

(a) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 1853, t. II, p. 312.

(b) Fremy et Valenciennes, *Op. cit.* — Fremy et Pelouze, *Traité de chimie*, t. VI, p. 262, etc.

sent être pour la plupart des corpuscules plastiques seulement, et chez certains Animaux il n'en acquiert pas d'autres; mais ailleurs des cellules vitellines se constituent en grande abondance autour de la couche primitive dont je viens de parler et élaborent dans leur intérieur des matières nutritives particulières. Ainsi, chez la Poule, l'œuf naissant est incolore dans les premiers temps de son existence et ne se charge de principes jaunes qu'à une période plus avancée de son développement. La tunique vitelline se constitue après que le vitellus lui-même est formé, et souvent elle reste imparfaite pendant très-longtemps, de façon à ne pas interrompre toute communication entre les parties fondamentales de l'œuf et l'extérieur, et à présenter un orifice appelé *micropyle*.

Le volume des œufs arrivés à maturité n'est aucunement en rapport avec la grandeur des Animaux qui les produisent, et dépend principalement de la quantité de matières nutritives qui entrent dans la composition du vitellus ou qui se déposent plus superficiellement. Tantôt les éléments plastiques existent presque seuls, ou du moins se trouvent disséminés sur toute l'étendue de la sphère vitelline, et alors les phénomènes embryogéniques primordiaux dont ils sont le siége affectent la constitution de la totalité de cette sphère, ainsi que nous le verrons bientôt lorsque nous étudierons la segmentation qui précède l'apparition des premiers linéaments de l'Animal futur. D'autres fois ces mêmes éléments sont associés à une quantité si considérable de cellules vitellines, qu'ils ne peuvent

prêtent particulièrement bien à l'étude des premières périodes du développement de l'œuf. Tels sont les Ascarides, dont l'ovologie a été étudiée avec soin par M. Nelson, et le *Mermis albicans*, sur la reproduction duquel nous devons à M. Meisner des observations intéressantes (a).

(a) Nelson, *On the Reproduction of the Ascaris mystax* (*Philos. Trans.*, 1852, p. 563, pl. 28).
— Meisner, *Beiträge zur Anatomie und Physiologie von Mermis albicans* (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 1854, t. V, p. 207).

occuper qu'une petite portion de la surface du globe vitellin, et qu'ils y constituent seulement, à l'entour de la vésicule germinative, une tache blanchâtre qui est connue sous le nom de *cicatricule*, et qui, en se fractionnant au début du travail embryogénique, ne modifie pas l'aspect général du vitellus.

D'autres différences encore plus importantes dépendent des rapports qui existent entre la quantité de matière assimilable dont l'œuf est pourvu, et la quantité de matière organisée dont le corps de l'Animal futur élaboré dans cet œuf doit être composé pour que ce nouvel être soit apte à vivre dans le monde extérieur et à s'y développer. Tantôt l'œuf arrivé à maturité, c'est-à-dire dans l'état où il est susceptible de devenir le siége d'un travail embryogénique, renferme toute la matière organisable que ce travail doit mettre en œuvre pour constituer l'Animal nouveau, et celui-ci ne reçoit plus rien de l'être dont il provient, au moins jusqu'au moment de la naissance. D'autres fois la provision de matière organisable renfermée dans l'œuf mur serait loin de suffire aux besoins de l'embryon en voie de développement, et l'œuf continue à se nourrir et à grandir après que celui-ci a commencé à se développer dans son intérieur; à cet effet, il tire de l'organisme procréateur de nouvelles quantités de matière assimilable, à mesure que le travail embryogénique avance, et, pour s'approvisionner de la sorte, il contracte de nouvelles relations avec le corps vivant, dont il a tiré son origine.

Il existe donc trois sortes d'œufs. Les uns que j'appellerai des œufs incomplets, parce que leur contenu ne suffit pas à la nourriture de l'embryon. D'autres qui sont au contraire des œufs complets, c'est-à-dire pourvus de tous les matériaux constitutifs de l'embryon, mais qui ne possèdent qu'une faible provision de corpuscules vitellins, en sorte que la croissance du jeune Animal ne peut faire que peu de progrès avant la naissance. Enfin d'autres encore qui sont, non-seulement des œufs

complets comme les précédents, mais des œufs encore plus chargés de matières nutritives, et dont la sphère vitelline se développe au point que sa portion plastique prend la forme d'une tache locale ou cicatricule.

Les œufs à cicatricule ou à grand vitellus sont propres aux Oiseaux et aux Mollusques de la classe des Céphalopodes. Les œufs complets à petit vitellus se rencontrent chez les Reptiles, les Batraciens, la plupart des Poissons et presque tous les Animaux invertébrés. Enfin les œufs que j'ai appelés incomplets appartiennent aux Mammifères et à quelques Poissons.

§ 8. — Chez quelques Animaux inférieurs, tels que les Spongiaires et les Hydres d'eau douce, les œufs peuvent se former dans toutes les parties du corps de l'individu souche (1); mais, dans l'immense majorité des cas, la production de ces vésicules reproductrices est l'apanage exclusif d'un organe particulier appelé *ovaire*, et presque toujours aussi l'œuf élaboré par celui-ci ne possède pas en lui-même tout ce qui est nécessaire à l'établissement du travail embryogénique, et, pour être apte à devenir le siége de ce phénomène, il a besoin de subir l'influence d'un autre produit physiologique qui le

Organes reproducteurs

(1) La production d'œufs dans la substance des parois du corps des Hydres a été entrevue par Trembley et par Rœsel (*a*). Pallas l'a bien constatée en 1766, et depuis lors ce phénomène a été étudié par plusieurs naturalistes (*b*); mais c'est principalement aux observations de L. Laurent que l'on est redevable de la connaissance du fait de la diffusion de la faculté ovogénique. Ce zoologiste a vu que d'ordinaire les œufs ne se forment qu'autour du pied de l'Animal, mais que dans des conditions favorables ils peuvent naître sur tous les points du corps. Ils naissent également dans l'épaisseur de la substance des parois de la cavité digestive, et, en se développant, déterminent à la surface extérieure la production de tumeurs pustuliformes qui, en se rompant, les laissent échapper au dehors (*c*).

(*a*) Trembley, *Mém. pour servir à l'histoire du Polype*, t. II, p. 97.
— Rœsel, *Insecten-Belustigungen*, t. III, suppl., pl. 83.
(*b*) Pallas, *Elenchus Zoophytorum*, 1766, p. 28.
— Ehrenberg, *Ueber Hydra viridis* (*Abhandl. der Berlin. Akad.*, 1836.)
(*c*) Laurent, *Recherches sur l'Hydre et l'Éponge d'eau douce*. 1844, p. 11 et suiv., pl. 2.

féconde et qui semble y imprimer le mouvement vital. Cet agent excitateur est nommé *sperme*, ou *liqueur séminale*, et la partie de l'économie qui le produit est appelée l'*organe mâle*, tandis que les ovaires et leurs annexes constituent ce que l'on nomme *appareil femelle*.

Quelquefois ces deux sortes d'instruments physiologiques existent chez le même individu, et les Animaux qui présentent ce mode d'organisation sont dits *androgynes* ou *hermaphrodites*. D'autres fois la division du travail est portée plus loin et les sexes sont séparés : l'appareil producteur de l'œuf se trouve chez un individu qui ne possède pas d'organes mâles et qui est appelé une *femelle*, tandis que l'appareil sécréteur de la semence est porté par un individu dépourvu d'ovaire et appelé *mâle*. Chaque espèce zoologique, pour être représentée d'une manière complète et pour pouvoir se perpétuer, doit alors être constituée par deux individus de sexes différents, un mâle et une femelle.

Différences sexuelles.

Chez les Animaux inférieurs, les individus de sexes différents ne se distinguent entre eux que par les caractères de l'appareil reproducteur, et pour les reconnaître il est souvent nécessaire d'examiner attentivement les produits de leurs organes génitaux. Ainsi, chez beaucoup de Mollusques dont les sexes sont séparés, les mâles ne peuvent être distingués des femelles qu'à l'époque où ils sont prêts à se reproduire (1); mais, chez la

(1) Cette similitude de conformation a fait méconnaître pendant longtemps l'existence d'organes mâles chez divers Mollusques et Zoophytes. Ainsi, Blainville pensait que chez beaucoup de Gastéropodes, tous les individus étaient femelles seulement, et il établit sur cette considération la division de cette classe de Mollusques en trois groupes : les dioïques, les monoïques et les hermaphrodites ou unisexués (*a*) ; mais les monoïques sont les seuls qui soient androgynes, et les Gastéropodes, que l'on supposait pourvus d'organes femelles seulement, sont en réalité dioïques (*b*).

(*a*) Blainville, MOLLUSQUES (*Dictionnaire des sciences naturelles*, t. XXXII, p. 200).

(*b*) Milne Edwards, *Observ. sur les organes sexuels de divers Mollusques* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1840, t. XIII, p. 375).

plupart des Animaux plus élevés en organisation, les différences sexuelles sont accompagnées de particularités qui portent sur d'autres parties de l'économie, et qui souvent n'ont même aucune relation apparente avec les fonctions de la génération. Ces différences sexuelles, que l'on pourrait appeler *secondaires*, sont très-prononcées chez beaucoup d'Insectes, ainsi que chez la plupart des Mammifères et des Oiseaux ; mais elles ne se manifestent que rarement dans le jeune âge, et en général les femelles adultes ressemblent aux jeunes beaucoup plus que ne le font les mâles. Il est aussi à noter que d'ordinaire les différences spécifiques qui existent chez les divers membres d'un même genre sont moins grandes chez les femelles que chez les mâles. Les premières sont des représentants plus vrais du type moyen de l'espèce ou du genre, et c'est chez le mâle que se développent au plus haut degré les caractères propres de chaque espèce en particulier. Ainsi, tout ce luxe de plumage qui rend beaucoup d'Oiseaux si remarquables n'existe ordinairement que chez le mâle adulte, et c'est seulement chez les individus du même sexe que l'on rencontre les formes extraordinaires qui donnent à divers Coléoptères un aspect des plus bizarres : par exemple les énormes pinces mandibulaires du Lucane cerf-volant et les cornes du Scarabée Hercule.

La tendance de la Nature semble être de porter le développement organique plus loin chez le mâle que chez la femelle et de ne l'effectuer que plus lentement. Ainsi, chez plusieurs Insectes, la femelle reste aptère comme l'est la larve (1), et il serait superflu de rappeler ici que dans l'espèce humaine la précocité de la Femme est plus grande que celle de l'Homme.

La faculté génératrice n'existe jamais dans le jeune âge ; elle

(1) Par exemple, chez le Lampyre commun, dont la femelle est connue sous le nom vulgaire de *Ver luisant* (a).

(a) Voyez l'*Atlas du Règne animal* de Cuvier, INSECTES, pl. 39, fig. 5 et 6.

ne se développe qu'à une période plus ou moins avancée de la vie, lorsque l'activité physiologique de l'organisme cesse d'être appliquée principalement à l'accroissement du corps, et que l'Animal est parvenu à une taille qu'il ne devra dépasser que peu, ou, en d'autres termes, lorsqu'il est arrivé à l'état adulte. Chez beaucoup d'Animaux, la plupart des Insectes, par exemple, elle ne s'exerce que pendant un temps très-court, et le travail de propagation est bientôt suivi de la mort des reproducteurs; mais chez d'autres l'activité sexuelle se prolonge, soit d'une manière continue, soit périodiquement pendant une grande partie de la vie, et ne cesse que dans la vieillesse.

L'alimentation, la température et les autres conditions biologiques exercent beaucoup d'influence sur l'époque où la fécondité se manifeste; mais celle-ci varie surtout suivant la nature des Animaux, et c'est lorsque nous étudierons l'histoire de la reproduction dans chacun des groupes zoologiques en particulier que nous pourrons nous en occuper le plus utilement. C'est aussi en faisant cette étude que nous examinerons en détail le mode de constitution des organes de la génération; mais avant que d'aborder ces points, il nous faut examiner d'une manière générale le phénomène fondamental de la fécondation et en bien préciser le caractère, sujet dont je traiterai dans la prochaine Leçon.

SOIXANTE-TREIZIÈME LEÇON.

De la génération sexuelle. — Condition de la fécondation de l'œuf; contact de la sphère vitelline avec la liqueur séminale. — Étude de ce liquide. — Spermatozoïdes; leur conformation et leur mode de développement; leur rôle dans la fécondation de l'œuf. — Organes de la reproduction chez les divers Animaux; perfectionnement progressif de ces instruments conformément au principe de la division du travail physiologique. — Hermaphrodisme complet; hermaphrodisme relatif; séparation des sexes; fécondation intérieure; viviparisme; lactation, etc. — Parthénogénèse.

§ 1. — Les médecins physiologistes et les naturalistes de l'antiquité, se livrant à des spéculations de l'esprit plutôt qu'à l'observation des faits, ont créé beaucoup d'hypothèses pour expliquer le phénomène de la fécondation, mais n'ont eu à ce sujet que des idées fausses. Ils supposaient que dans l'espèce humaine, ainsi que chez les autres Mammifères, un liquide séminal était élaboré par la mère aussi bien que par le père, et que le produit de la conception était le résultat du mélange de ces deux fluides; ils étaient partagés d'opinion quant à l'origine de ces liquides prolifiques, mais aucun d'eux ne soupçonna que chez les Animaux vivipares la femelle produisît des œufs, comme cela était si facile à reconnaître chez les Ovipares (1). Cette hypothèse régna sans conteste jusqu'au milieu

Idées erron[ées] des ancie[ns] sur la fécondati[on]

(1) Hippocrate supposait que la femelle, aussi bien que le mâle, produisait dans toutes les parties de l'organisme une liqueur séminale qui était transportée dans la moelle épinière, et de là dans l'appareil génital par les reins, et que les éléments de cette semence représentaient chacun les parties dont ils provenaient, de façon à donner naissance à des parties correspondantes; enfin que l'embryon résultait du mélange de ces deux sortes de liquides prolifiques dans l'utérus de la mère (a). Aristote attribuait aussi la conception à l'union de la liqueur séminale du père avec un liquide analogue élaboré par la mère; mais il combattit les opinions d'Hippocrate relativement à l'origine de ces matières, et il pensa que la liqueur

(a) Hippocrate, *De la génération, etc.* (*Œuvres*, trad. par Littré, t. VII, p. 741).

du XVII[e] siècle, époque à laquelle Harvey s'efforça de jeter de nouvelles lumières sur l'histoire de la génération à l'aide de recherches expérimentales faites sur les Animaux. La marche suivie par ce grand physiologiste était excellente ; mais les moyens d'investigation lui firent défaut, et, induit en erreur par quelques observations incomplètes, il fut conduit à considérer la fécondation comme résultant de l'action exercée par le sperme du mâle sur l'organisme de la femelle, sorte de contagion qui aurait rendu celle-ci apte à produire des œufs féconds (1).

Fécondation d'œufs déjà pondus.

Si les physiologistes, au lieu de s'en tenir à l'étude des phénomènes de la vie chez les Animaux supérieurs, avaient examiné attentivement ce qui se passe chez les Poissons, cette hypothèse n'aurait pas été accueillie avec faveur, et par analogie, au moins, ils auraient été conduits à considérer la fécondation comme étant toujours la conséquence de l'action directe de la liqueur séminale du mâle sur lès produits de l'appareil génital de la femelle; ils auraient pensé aussi que ces derniers produits consistent, non pas en un liquide, ainsi que le supposaient les anciens, mais en œufs inaptes à devenir le siége d'un travail embryogénique, sans avoir subi cette influence spéciale.

séminale de la femelle était un produit du sang des menstrues (*a*). Galien admettait aussi l'existence d'une liqueur séminale chez la femme ; mais il attribua la sécrétion de ce produit aux ovaires, organes qu'il considéra comme les analogues des testicules du mâle et qu'il désigna même sous le nom de *testicules femelles* (*b*).

(1) Harvey se fonda principalement sur deux séries d'observations, l'une relative à la faculté que possède la Poule de produire des œufs sans le concours du mâle, à la stérilité de ces œufs et à la durée de l'influence fécondante du coït chez ces Oiseaux; l'autre portant sur la non-existence de liquides reproducteurs dans la matrice des Biches peu de temps après l'accouplement (*c*).

(*a*) Aristote, *De generatione Animalium*, lib. I (*Opera omnia*, t. I, p. 1048).
(*b*) Galien, *De semine*, lib. II.
(*c*) Harvey, *Exercitationes de generatione Animalium*, exercit. XXXIII, LXVIII, etc.

En effet, les zoologistes n'ignorent pas que souvent les Poissons remontent les rivières pour chercher au loin des lieux propres à la reproduction, et que parfois les femelles arrivent seules dans ces frayères et y déposent leurs œufs avant que les mâles les aient suivies ; que les œufs ainsi pondus ne se développent qu'à la condition d'être fécondés ultérieurement, et que cette fécondation est produite lorsque le mâle, sans s'être approché de la femelle, verse sa laitance sur les œufs ainsi pondus. Divers faits de cet ordre n'avaient pas échappé à l'attention des pêcheurs, et vers 1763 on avait même proposé d'en faire l'application à la pisciculture, en opérant artificiellement la fécondation des œufs de Poissons dont on voulait se servir pour le repeuplement des étangs ou des cours d'eau (1).

Il était donc évident que chez ces Animaux la prétendue influence du sperme sur la faculté génératrice de la femelle ne pouvait entrer en jeu, et que la condition essentielle de la fécondation des œufs produits par celle-ci était le contact direct de ces corps avec la liqueur séminale du mâle.

On savait également que, chez la Grenouille et le Crapaud, il n'y a pas de véritable coït, et que le mâle féconde les œufs de

(1) Cette manière d'obtenir la multiplication de la Truite fut décrite avec détail en 1763, par un naturaliste westphalien nommé Jacobi (a), et communiquée à Duhamel peu de temps après par Goldstein (b). Vers 1844, elle fut présentée comme une invention nouvelle par deux pêcheurs des Vosges (c), et elle a donné lieu à beaucoup de publications (d).

(a) Voyez Yarrel, *A History of British Fishes*, 1841, t. II, p. 87 et suiv.
(b) Duhamel du Monceau, *Traité des pêches*, 1773, 2e partie, p. 334.
(c) Voyez Milne Edwards, *Rapport sur la pisciculture, adressé au ministre de l'agriculture et du commerce* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1850, t. XIV, p. 53).
(d) Shaw, *Experimental Observations on the Development and Growth of Salmon Frey* (*Trans. of the Royal Soc. of Edinburgh*, 1841, t. XIV).
— Boccius, *A Treatise on the Production and Managment of Fish in fresh waters by artificial Spawning*, etc., 1848.
— Coste, *Instructions pratiques sur la pisciculture*, 1853.

la femelle après leur ponte en les arrosant de sa semence à mesure qu'ils sont expulsés au dehors (1).

Tous ces faits remarquables restèrent cependant négligés ou ignorés des physiologistes, et, pour introduire dans la science des notions saines touchant la fécondation, il a fallu une longue série de recherches expérimentales faites vers la fin du siècle dernier par l'illustre Spallanzani, dont le nom revient souvent dans le cours de ces Leçons. Après avoir vérifié les observations de plusieurs de ses prédécesseurs sur le mode de fécondation des œufs de la Grenouille, du Crapaud et du Triton, ou Salamandre aquatique, Spallanzani constata que si l'on empêche la liqueur séminale du mâle de baigner les œufs pondus par la femelle avec laquelle celui-ci est accouplé, on rend ces œufs stériles. Puis il opéra sur des œufs de Crapaud retirés de l'abdomen d'un de ces Batraciens qui n'avait pas vu le mâle, les arrosa avec de la liqueur séminale extraite directement des testicules d'un Crapaud de même espèce, et bientôt après il vit le développement de l'embryon commencer dans ces œufs fécondés ainsi artificiellement et se poursuivre comme dans des œufs dont la fécondation aurait été obtenue par les procédés ordinaires de la Nature (2).

Spallanzani obtint le même résultat en opérant d'une manière

(1) Ces faits furent bien observés par Swammerdam et par Rœsel (*a*).

(2) Malpighi (*b*) fut le premier à tenter des expériences de fécondation artificielle ; il opéra sur des œufs de Vers à soie, mais il ne réussit pas (*c*). Bibiena fit des essais analogues, mais sans plus de succès (*d*). Les expériences de Spallanzani furent faites en 1777 et 1780, et elles portèrent d'abord sur des Crapauds, des Grenouilles et des Tritons. Il réussit également à féconder artificiellement des œufs de Vers à soie, et il obtint un résultat analogue chez une Chienne par l'injection d'une certaine quantité

(*a*) Swammerdam, *Biblia Naturæ*, t. II, p. 810, pl. 48, fig. 1.
— Rœsel, *Historia naturalis Ranarum*, 1758, pl. 1, fig. 2 ; pl. 13, fig. 2, etc.
(*b*) Voyez tome I, page 41.
(*c*) Malpighi, *Dissertatio de Bombyce* (*Opera omnia*, t. II).
(*d*) Bibiena, *Spicilegium de Bombyce* (*Comment. Acad. Bononiensis*, t. V, pars I, p. 1767).

lable sur des œufs de Grenouille et de Triton; et, depuis mi-siècle, ses expériences ont été répétées avec succès eaucoup de physiologistes: la fécondation artificielle des par l'effet du contact de ces corps avec de la liqueur ale a été obtenue chez un grand nombre Animaux inver-s, aussi bien que chez des Batraciens et des Poissons. ı, on a pu constater que chez les Mammifères l'introduc-lu sperme dans l'utérus de la femelle ne détermine pas condation de celle-ci, à moins que ce liquide ne puisse er en contact avec les œufs détachés de ses ovaires. Ainsi, urs physiologistes ont vu que la ligature des conduits nènent de ces organes à l'utérus empêche la fécondation eufs qui sont situés en amont de cet obstacle, mais n'agit e même sur ceux qui sont déjà descendus plus bas (1).

rme dans le vagin de cet Ani-).

ques physiologistes avaient que la propriété fécondante du e résidait dans la vapeur qui e dégager de ce liquide, et qui té désignée sous le nom d'*aura lis*. Spallanzani fit des expé-à ce sujet, et reconnut que des tions de ce genre sont sans in-e sur les œufs, tandis que le t direct de ces corps et de la r séminale détermine leur fé-ion (*b*). MM. Prévost et Dumas statė également, et avec plus ueur, l'inaptitude de la partie volatile du sperme pour opérer des fécondations (*c*).

(1) Des expériences de ce genre ont été faites sur des Lapines par Haighton, Grasmeyer, Blundell et plusieurs autres physiologistes (*d*). La ligature de l'oviducte d'un côté n'a pas empêché le passage de l'ovule de l'ovaire dans la partie supérieure de ce conduit, ni le développement des jeunes dans l'utérus du côté opposé, mais a toujours été suivie de la stérilité de la moitié correspondante de l'appareil génital. Nous reviendrons sur ces faits en étudiant l'histoire de la reproduction chez les Mammifères.

allanzani, *Expériences pour servir à l'histoire de la génération des Animaux et des*, Genève, 1786.
allanzani, *Op. cit.*, chap. v.
évost et Dumas, *Deuxième mémoire sur la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, 138).
ighton, *An Experimental Inquiry concerning Animal Impregnation* (*Philos. Trans.*, . 159).
rasmeyer, *Commentatio de conceptione et fecundatione humana*. Göttingen, 1789.
undell, *Researches Physiological and Pathological*, 1825, p. 32 et suiv.

Condition de la fécondation.

Il est donc bien établi aujourd'hui que l'aptitude de l'œuf à développer un être nouveau ne dépend pas de l'influence exercée par le mâle sur l'organisme de la femelle, mais de l'action directe de la liqueur séminale sur cet œuf, phénomène qui n'a lieu que par l'effet du contact mutuel du sperme et de ce corps reproducteur.

Étude de la liqueur séminale.

§ 2. — Ce résultat capital étant acquis, poussons nos investigations plus loin, et cherchons si nous pouvons découvrir dans quelle partie du sperme réside la propriété fécondante.

La composition chimique de ce liquide n'offre rien de bien particulier, si ce n'est l'existence de matières grasses phosphorées que l'on y trouve mêlées à des substances albuminoïdes (1). Mais ses caractères physiques sont des plus remarquables. En effet, lorsqu'on examine au microscope le sperme d'un Chien, d'un Coq, d'une Grenouille, ou de l'un quelconque des Animaux dont les physiologistes font ordinairement usage pour leurs recherches, on y aperçoit une multitude incalculable de corpuscules vermiformes qui se meuvent avec agilité et nagent en battant l'eau avec leur queue.

(1) La composition chimique de la liqueur séminale de l'Homme a été étudiée par Vauquelin et quelques autres expérimentateurs du commencement du siècle actuel ; cependant elle n'est encore que très-imparfaitement connue (*a*). Ils y trouvèrent une matière albuminoïde qui, suivant Berzelius, serait un principe immédiat particulier, et qui a été désignée sous le nom de *spermatine* (*b*), mais qui n'est probablement qu'un albuminate de soude, ou cette substance protéique qui joue le principal rôle dans la constitution des tissus épithéliques (*c*). Plus récemment, l'analyse de la laitance de Carpe a été faite par M. Frerichs et par M. Gobley, qui ont reconnu dans ce liquide l'existence d'une matière grasse phosphorée, de substances albuminoïdes et de divers sels. Ce dernier chimiste y distingua plusieurs corps gras, notamment de la cholestérine, de l'oléine, de la margarine, de la cérébrine et de la léci-thine, matière qui se trouve aussi dans les œufs, et qui, de même que la cérébrine, contient du phosphore (*d*).

(*a*) Vauquelin, *Expériences sur le sperme humain* (*Ann. de chimie*, 1791, t. IX, p. 64).

(*b*) Berzelius, *Traité de chimie*, trad. par Valerius, 1849, t. III, p. 758.

(*c*) Voyez Wagner and Leuckart, art. SEMEN (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. IV).

(*d*) Gobley, *Recherches chimiques sur la laitance de Carpe* (*Bulletin de l'Acad. de médecine*, t. XVI, p. 721).

écouverte de ces corpuscules animés, que l'on a dési- Spermatozoïdes
abord sous le nom d'*Animalcules spermatiques*, mais
a appelle communément aujourd'hui des *Spermato-*
date de 1677, et on la doit à un étudiant en médecine
Ham. Comme on le pense bien, elle excita vivement
des physiologistes, et Leeuwenhoek, le plus habile
raphe du XVII[e] siècle, en augmenta promptement l'im-
e en l'étendant à beaucoup d'Animaux (1). On se con-
abord de répéter les observations de ce naturaliste, ou
r des théories relatives au rôle des Spermatozoïdes
acte de la reproduction (2); mais quelques savants en

ais Ham, que quelques au-
ellent *Hammen* ou *Hammius*,
la première fois les Sperma-
en août 1677 en examinant
oscope la liqueur séminale
me atteint de gonorrhée, et
niqua aussitôt ce fait à Leeu-
, qui, après l'avoir vérifié,
a connaissance à la Société
Londres par une lettre datée
de novembre de la même
). Bientôt après, ce dernier
phe montra à plusieurs natu-
les Spermatozoïdes vivants,
tres à Huyghens, le père du
physicien (*b*), et il constata
istence de ces filaments mo-
s le sperme du Chien, du
la Bouc, du Coq et de plu-
tres Animaux. Vers le milieu
le 1678, un autre savant hollandais, Hartsœker, en parla (*c*), et plus tard ce dernier revendiqua le mérite de cette découverte, qu'il assura avoir faite en 1674 sans oser la publier (*d*); mais, quoi qu'il en soit à cet égard, c'est incontestablement à Ham et à Leeuwenhoek que la science est redevable de la connaissance des Spermatozoïdes. Ce dernier les a observés, non-seulement chez divers Mammifères, mais aussi chez des Oiseaux, des Poissons, des Mollusques et des Insectes.

(2) Pour l'énumération des auteurs qui se sont empressés de répéter les observations de Leeuwenhoek sur l'existence de Spermatozoïdes (ou Animalcules spermatiques, ainsi qu'on les appelait alors), je renverrai à un ouvrage de Schurig sur l'histoire de liqueur séminale (*e*).

wenhoek, *Observ. de natis e semine genitali Animalculis* (*Philosophical Transactions*, 77, t. XII, p. 1040).
, *The History of the Royal Society*, 1757, t. III, p. 415.
ker, *Extrait d'une lettre sur la manière de faire les nouveaux microscopes, etc.* *es savants*, 1678, p. 355).
, *Essai de dioptrique*, 1694, § 88, suite des *Conjectures physiques*, liv. I, dissert. VII, 12.
rig, *Spermatologia*, 1720.

firent l'objet d'études plus approfondies (1), et de nos jours des recherches du même ordre ont été poursuivies dans toutes les parties du Règne animal (2). La présence des Spermatozoïdes a été constatée dans la liqueur séminale d'une multitude de Zoophytes, de Mollusques et d'Animaux annelés, aussi bien que dans celle des Vertébrés de toutes les classes, et, dans l'immense majorité des cas, ces corpuscules animés présentent les mêmes caractères généraux, bien que leurs formes et leurs dimensions puissent varier considérablement suivant les espèces. En général, ils ressemblent à des fils flexibles dont l'extrémité antérieure est plus ou moins

(1) Spallanzani et Gleichen furent les seuls naturalistes qui pendant le XVIIIe siècle contribuèrent à avancer notablement nos connaissances relatives aux Spermatozoïdes (*a*). D'autres écrivains de cette époque nièrent l'existence de ces corpuscules (*b*), ou les confondirent, soit avec des particules huileuses (*c*), soit avec les globules ou les détritus dont les diverses sécrétions sont d'ordinaire plus ou moins chargées (*d*).

(2) MM. Prévost et Dumas furent les premiers à reprendre de nos jours l'étude des Spermatozoïdes, dont les physiologistes du commencement du siècle actuel avaient cessé de s'occuper (*e*). Plus récemment, des recherches très-étendues et très-approfondies ont été faites sur le même sujet par un grand nombre d'observateurs, parmi lesquels j'aurai à citer principalement MM. R. Wagner, Siebold, Mandl, et Kolliker (*f*).

(*a*) Spallanzani, *Opuscules de physique*, 1777, t. II, p. 90 et suiv.

— Gleichen, *Abhandl. über die Samen-und Infusions-Thierchen*, 1778. — *Dissert. sur la génération, les Animalcules spermatiques, et ceux des Infusoires, avec des observations microscopiques sur le sperme, etc.*, trad. de l'allemand, an VII.

(*b*) Heister, *Anatomie*, 1735, p. 235.

— Serinci, *De principio aut causa corpus animale formante*. Altdorf, 1756.

— Blainville, *Cours de physiologie générale et comparée*, 1833, t. III, p. 214.

(*c*) Linné, *Sponsalia plantarum* (*Amœnitates academicæ*, 1740, t. I, p. 79).

(*d*) Needham, *Nouvelles observations microscopiques*.

— Buffon, *Histoire des animaux*, chap. VII.

— Asch, *De natura spermatis*. Göttingen, 1756.

(*e*) Prévost et Dumas, *Essai sur les Animalcules spermatiques de divers animaux* (*Mém. de la Soc. de physique de Genève*, 1821, t. I, p. 180). — *Nouvelle théorie de la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, p. 10 et suiv., pl.).

(*f*) Rudolph Wagner, *Fragmente zur Physiologie der Zeugung, vorzüglich zur mikroskopischen Analyse des Samen's* (extrait des *Mémoires de l'Acad. de Bavière*, 1837).

— Wagner and R. Leuckart, art. SEMEN (Todd's *Cyclopædia of Anat. and Physiol.*, t. IV, p. 472 et suiv.).

— Kölliker, *Beiträge zür Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere*. Berlin, 1841. — *Die Bildung der Samenfæden in Blæschen* (*Denkschriften der Schweitzerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften*, 1846, t. VIII).

Spermatozoïdes des Mammifères.

renflée, de façon à simuler une tête, et dont la portion suivante est amincie graduellement en manière de queue. Chez l'Homme, par exemple, leur partie céphaloïde, très-grosse, aplatie, un peu élargie en arrière et subpiriforme, est suivie d'un filament caudal de longueur médiocre, qui devient excessivement grêle et difficile à apercevoir vers le bout (1) ; le tout mesure à peu près 6 centièmes de millimètre (2). Les Spermatozoïdes des autres Mammifères ont en général une forme analogue ; quelquefois cependant leur tête est élargie en avant en manière de raquette, par exemple chez l'Écureuil ; et d'autres fois elle est comprimée latéralement, élevée en crête et recourbée en avant, de façon à ressembler au crochet d'un hameçon, disposition qui est très-marquée chez le Rat (3). Il est aussi à noter

(1) Les Spermatozoïdes de l'Homme ont été figurés par plusieurs micrographes (*a*).

(2) M. Kölliker évalue les dimensions de la portion céphaloïde de ces corpuscules entre 0mm,0035 et 0mm,005 de long, sur 0mm,018 à 0mm,008 de large et 0mm,001 à 0mm,0018 d'épaisseur ; la longueur de la queue est d'environ 0mm,005 (*b*). Pour plus de détails relatifs aux dimensions des Spermatozoïdes chez divers Animaux, je renverrai à l'ouvrage de M. Mandl sur l'*Anatomie microscopique*.

(3) Dans la famille des Singes, les Spermatozoïdes ressemblent beaucoup à ceux de l'Homme (*c*). Ils ont une forme analogue chez le Cheval (*d*), l'Ane (*e*) etc., Chez d'autres Mammifères, la portion céphaloïde est ovalaire, par exemple chez le Hérisson (*f*), la Taupe (*g*), le Cochon d'Inde (*h*), l'Écureuil d'Hudson (*i*), et le Chevreuil (*j*), ou même élargie antérieurement,

(*a*) Voyez Gleichen, *Dissert. sur la génération*, pl. 1.
— Bory Saint-Vincent, *Dictionnaire classique d'histoire naturelle*, pl. 57, fig. 1.
— Dujardin, *Sur les Zoospermes des Mammifères* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. VIII, pl. 9, fig. 6).
— Wagner, *Fragmente zur Physiol. der Zeugung*, pl. 1, fig. 1. — *Icones physiologiæ*, 1839, pl. 1, fig. 1.
— Mandl, *Anatomie microscopique*, t. I, 2me partie, pl. 10, fig. 17.

(*b*) Kölliker, *Éléments d'histologie humaine*, p. 557.

(*c*) Exemple : les *Spermatozoïdes du Cercopithecus ruber* (voy. Wagner, *Fragmente*, pl. 1, fig. 2, et *Icones physiol.*, pl. 1, fig. 3, no 1).

(*d*) Voyez Prévost et Dumas, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, pl. 12, fig. c).

(*e*) Voyez Dujardin, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. VIII, pl. 9, fig. 7).

(*f*) Voyez Wagner, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 5.

(*g*) Wagner, *Icones physiol.*, pl. 1, fig. 3, no 3.

(*h*) Voyez Dujardin, *Op. cit.*, pl. 9, fig. 8.

(*i*) Barnett, *On Spermatic Particules* (*Mem. of the American Academy*, new series.

(*j*) Wagner, *Icones physiol.*, pl. 1, fig. 3, no 9, fig. 10, vol. V.

Spermatozoïdes des Oiseaux, Reptiles, etc.

que dans cette classe il n'existe aucun rapport entre la taille des Animaux et la grandeur de leurs Spermatozoïdes : ainsi, chez le Chien et le Chat, ces corpuscules ont à peu près la même longueur que chez l'Homme, et chez la Souris ils sont trois ou quatre fois plus longs.

Chez les Oiseaux, les Spermatozoïdes sont en général beaucoup plus longs, et leur portion céphaloïde est grêle, cylindrique ou atténuée aux deux bouts, plus ou moins flexueuse et souvent peu distincte de la base de la queue (1). Leur forme est à peu près la même chez les Reptiles, les Batraciens et les Poissons de l'ordre des Sélaciens (2) ; mais, chez les Poissons osseux, leur portion antérieure est d'ordinaire globuleuse, et

ainsi que cela se voit chez le Bouc et le Bélier (*a*), et cette disposition est même plus marquée chez l'Écureuil commun (*b*).

La forme en serpette dont il a été question ci-dessus n'existe pas seulement chez le Rat, on l'observe aussi chez la Souris (*c*).

(1) En général, chez les Oiseaux la portion antérieure des Spermatozoïdes est allongée et s'atténue graduellement en arrière, de façon à ne pas être nettement séparée de la portion caudale (*d*). Quelquefois cependant elle est cylindrique jusqu'à l'origine de la queue, qui est très-grêle dès sa base (*e*). Leur portion antérieure est ordinairement contournée en spirale, et présente tantôt trois ou quatre courbures seulement, tantôt beaucoup plus (*f*).

(2) Les Spermatozoïdes des Reptiles n'ont été observés que dans un petit nombre d'espèces. Chez le Lézard commun, ils ont la forme d'un cylindre arrondi aux deux bouts et terminé postérieurement par une queue très-grêle, mais ils ne sont pas enroulés en tire-bouchon comme chez la plupart des Oiseaux (*g*) ; chez la Tortue grecque, leur portion céphaloïde est lancéolée (*h*).

Chez la plupart des Batraciens anoures, la portion antérieure de ces corpuscules séminaux est également cylindrique et la portion caudale filiforme dès sa base (*i*) ; mais chez les Pélobates, ils sont amincis graduellement

(*a*) Prévost et Dumas, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, pl. 12, fig. B et O).

(*b*) Wagner et Leuckart, *Op. cit.* (Todd's *Cyclop.*, *of Anat. and Physiol.*, t. IV, p. 475, fig 32).

(*c*) Wagner, *Icones physiol.*, pl. 1, fig. 3, n°ˢ 6 et 7.

(*d*) Exemple : les Spermatozoïdes du Pinson et de beaucoup d'autres Passereaux (voy. Wagner, *Icones*, pl. 1, fig. 4).

(*e*) Exemple : les Spermatozoïdes du Coq : voy. Wagner, *Icones*, pl. 1, fig. 4 i.

(*f*) Par exemple, chez le Merle (*Turdus merula*) : voy. Wagner, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 4 f.

(*g*) Voyez Wagner, *Fragmente zur Physiol. der Zeugung*, pl. 2, fig. 15.

(*h*) Kölliker, *Die Bildung der Samenfäden in Bläschen*, 1846, pl. 1, fig. 14.

(*i*) Voyez Wagner, *Op. cit.*, pl. 2, fig. 7B.

leur queue très-courte et excessivement grêle (1). Chez quelques Batraciens, notamment les Tritons, cette dernière portion du Spermatozoïde paraît être garnie d'une sorte de crête membraneuse très-délicate qui ondule avec rapidité, et la plupart des micrographes pensent que cette particularité est due aux mouvements d'une crête membraneuse ou de la partie terminale de la queue, qui serait recourbée en avant ou enroulée en spirale autour de la portion précédente (2).

en arrière et contournés comme chez les Oiseaux (*a*) ; enfin, chez les Salamandres et les Tritons, la portion céphaloïde se rétrécit graduellement en avant (*b*).

Chez les Squales, les Spermatozoïdes ressemblent tout à fait à ceux des Oiseaux ; leur portion céphaloïde est grêle et contournée en hélice de la même manière (*c*) ; ils ont une conformation analogue chez les Raies (*d*) et chez la Torpille (*e*) ; ceux des Lamproies ressemblent davantage aux Spermatozoïdes des Grenouilles.

(1) En général, la portion céphaloïde de ces corpuscules spermatiques est sphérique seulement (*f*) ; mais quelquefois on remarque à sa partie postérieure une petite boule dont naît l'appendice caudal, par exemple chez la Loche des étangs (*g*). Chez quelques Poissons osseux, elle est cylindrique et allongée, par exemple chez le Flet ou *Platessa flesus*, L. (*h*)

(2) Le mouvement vibratile qui se produit le long de la queue des Spermatozoïdes, des Tritons n'avait pas échappé à Spallanzani, qui a décrit cet appendice comme étant garni latéralement d'une série de pointes (*i*). L'attention des micrographes fut fixée de nouveau sur ce phénomène il y a une vingtaine d'années ; mais les observateurs n'ont pu se mettre d'accord sur la nature de la disposition organique dont il dépend. M. Siebold l'attribue à un enroulement récurrent de la queue, et son opinion est partagée par la plupart des naturalistes allemands (*j*) ;

(*a*) Voyez Wagner et Leuckart, art. SEMEN (Todd's *Cyclop.*, t. IV, p. 482, fig. 342).

(*b*) Par exemple, chez la *Salamandra maculata* (voy. Wagner, *Op. cit.*, pl. 2, fig. 17) ; le *Triton igneus* (Wagner, *loc. cit.*).

(*c*) Voyez Wagner, *Op. cit.*, pl. 2, fig. 21.
— Kölliker, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 12.

(*d*) Voyez Lallemand, *Observ. sur le développement des zoospermes de la Raie* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1841, t. XV, pl. 10, fig. 15).

(*e*) Voyez Wagner, *Fragmente zur Physiol. der Zeugung*, pl. 2, fig. 20.

(*f*) Par exemple, chez la Carpe : voy. Dujardin, *Op. cit.*, *Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. VIII, pl. 9, fig. 10.)
— La Brème : voy. Wagner, *Op. cit.*, fig. 19.
— Le *Leuciscus chrysoleuchas* (espèce d'Able de l'Amérique), voy. Burnett, *Remarks upon the Origin*, etc., *of the Spermatic Particles*, fig. 11 (*Mem. of the American Academy*, new series, t. V).

(*g*) Voyez Wagner et Leuckart, *Op. cit.* (Todd's *Cyclop.*, t. IV, p. 483, fig. 347).

(*h*) Voyez Burnett, *Op. cit.*, fig. 5.

(*i*) Spallanzani, *Opuscules de physique*, 1777, t. II, p. 119, pl. 1, fig. 7.

(*j*) Wagner, *Fragmente zur Physiol. der Zeugung*, p. 13, pl. 2, fig. 18.

Spermatozoïdes des Mollusques.

Chez les Animaux invertébrés, les Spermatozoïdes présentent en général des formes analogues à celles qui prédominent dans l'embranchement des Vertébrés. Ainsi, chez les Mollusques, ils n'offrent sous ce rapport rien qui soit bien important à noter (1); mais je dois faire remarquer que chez quelques-uns de ces Animaux, les Céphalopodes, par exemple, ils ne sont pas libres dans la liqueur séminale, et se trouvent

Dujardin l'explique par l'enroulement d'un fil accessoire (*a*); enfin, Amici et M. Pouchet pensent qu'il est dû aux ondulations d'une crête membraneuse (*b*), et je suis porté à croire qu'ils ont raison (*c*).

Les Spermatozoïdes du *Bombinator igneus* présentent une disposition analogue, seulement ils sont beaucoup plus petits (*d*).

(1) Les Spermatozoïdes des Céphalopodes sont filiformes et médiocrement élargis antérieurement; leur portion céphaloïde est cylindrique et arrondie aux deux bouts et leur queue est très-grêle. Leur grandeur varie beaucoup suivant les espèces: ainsi, chez la Sèche, ils n'ont pas le quart de la longueur de ceux de l'Élédone musquée (*e*).

Dans la classe des Gastéropodes, ils offrent des différences plus considérables. Quelquefois ils sont filiformes, graduellement atténués vers l'extrémité postérieure et ondulés ou contournés en spirale comme ceux de beaucoup d'Oiseaux (*f*); d'autres fois ces filaments se replient en boucle et leurs deux extrémités se tordent ensemble (*g*), ou bien, tout en conservant la même forme générale, ils restent étendus (*h*); mais, chez la plupart de ces Mollusques, leur portion antérieure est brusquement élargie en

— Mayer, *Ueber die Flimmerbewegungen* (Froriep's *Notizen*, 1836, p. 245).

— Siebold, *Keine Flimmerorgane an den Spermatozoen der Salamander* (Froriep's *Neue Notizen*, 1837, t. II, p. 281).

(*a*) Dujardin, *Nouveau Manuel de l'observateur du microscope*, 1843, p. 100.

(*b*) Pouchet, *Sur la structure et les mouvements des Zoospermes du* Triton cristatus (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1845, t. XX, p. 1341).

(*c*) Milne Edwards, *Rapport*, etc. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1846, t. XXII, p. 636).

(*d*) Voyez Wagner et Leuckart, *Op. cit.* (Todd's *Cyclop.*, t. IV, p. 481, fig. 341).

(*e*) Milne Edwards, *Observations sur la structure et les fonctions de quelques Zoophytes, Mollusques et Crustacés des côtes de la France* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1842, t. XVIII, pl. 17, fig. 7, et pl. 14, fig. 5).

(*f*) Par exemple, chez les Doris : voy. Wagner et Leuckart, art. SEMEN (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, vol. IV, p. 485, fig. 356 A).

— La Paludine vivipare : voy. Wagner et Leuckart, *Op. cit.*, p. 356 B.

(*g*) Par exemple, chez l'Ambrette, ou *Succinea amphibia* : voy. Wagner, *Fragmente zur Physiol. der Zeugung*, pl. 3, fig. 24. — Siebold, *Ueber die Spermatozoen der Crustaceen, Insecten, Gasteropoden*, etc. (Muller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1836, pl. 2, fig. 1-7).

(*h*) Par exemple, chez la Carinaire : voy. Milne Edwards, *Observations sur la structure de quelques Zoophytes et Mollusques* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1842, t. XVIII, pl. 11, fig. 7.

renfermés dans des réceptacles appelés *spermatophores*, sur l'histoire desquels nous aurons bientôt à revenir (1). Les par-

manière de tête ovalaire ou piriforme (*a*). Les Spermatozoïdes des Gastéropodes pulmonés sont en général remarquablement longs, et leur renflement céphaloïde est épaissi en dessus à sa partie postérieure (*b*) ; mais il est à noter que ces filaments ne sont pas encore arrivés à maturité lorsqu'ils sont évacués par le mâle et qu'ils subissent des changements considérables après leur dépôt dans l'organisme de la femelle (*c*).

Dans l'ordre des Mollusques acéphales, la portion céphaloïde des Spermatozoïdes est en général nettement caractérisée (*d*).

Il en est de même chez les Molluscoïdes, notamment chez les Acidies du genre *Phallusia* (*e*) et les Botrylles (*f*).

Les Spermatozoïdes des Bryozoaires ont été observés dans plusieurs espèces, telles que le *Tendra zostericola* (*g*), le *Flustra carnosa* (*h*), le *Halodactylus diaphanus* (*i*), le *Palludicella Ehrenbergi* (*j*), les Alcyonelles (*k*), etc.

(1) Ces Spermatophores sont des tubes qui, après avoir été assez bien

(*a*) Par exemple, chez la Patelle : voy. Wagner et Leuckart, *loc. cit.*, p. 485, fig. 355 A.
— L'Oscabrion : voy. Wagner et Leuckart, *loc. cit.*, fig. 355 B.
— Le Vermet : voy. Lacaze-Duthiers, *Mém. sur l'anatomie et l'embryologie du Vermet* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1860, t. XIII, p. 246, pl. 5, fig. 9).
— Du Pleurobranche orange : voy. Lacaze-Duthiers, *Histoire anatomique et physiologique du Pleurobranche* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1859, t. XI, p. 365, pl. 101, fig. 6).

(*b*) Par exemple, chez l'*Helix pomatia* : voy. Kölliker, *Die Bildung der Samenfäden*, pl. 1, fig. 3. — Wagner et Leuckart, *Op. cit.* (*Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. IV, p. 486, fig. 357). — Mandl, *Anatomie microscopique*, 2ᵉ série, pl. 10, fig. 14.
— Le Limnée des étangs : voy. Wagner, *Fragmente zur Physiol. der Zeugung*, pl. 3, fig. 26.

(*c*) Gratiolet, *Observations sur les Zoospermes des Hélices* (*Journal de conchyliologie*, 1850, t. I, p. 116, pl. 9).

(*d*) Exemples : les Spermatozoïdes du *Cyclas cornea*, observés par M. Wagner (*Entdeckung männlicher Geschlechtstheile bei den Actinien*, in Wiegmann's *Archiv für Naturgeschichte*, 1835, pl. 3, fig. 8 ; — *Fragmente zur Physiol. der Zeugung*, pl. 3, fig. 28).
— De l'Anodonte : voy. Siebold, *Fernere Beobachtung über die Spermatozoen der wirbellosen Thiere* (Muller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1837, pl. 20, fig. 14).
— De la Clavagelle et du Taret : voy. Kölliker, *Die Bildung*, etc., pl. 2, fig. 29.
— Du Taret : voy. Kölliker, *Op. cit.*, pl. 2, fig. 28 ; — Lacaze, *Mém. sur le genre Taret* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1849, t. XI, pl. 9, fig. 34).
— De l'Huître, de la Moule commune, de l'*Unio*, de la Trigonelle, du *Pecten*, des Bucardes, du Spondyle, de l'Anomie, du Dentale, etc., figurés par Lacaze Duthiers (*Recherches sur les organes génitaux des Acéphales lamellibranches*, dans *Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1854, t. II, pl. 6 à 9 ; — *Mém. sur l'organisation de l'Anomie*, loc. cit., pl. 2, fig. 7 ; — *Histoire de l'organisation et du développement du Dentale*, dans *Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1856, t. VII, pl. 7, fig. 8).

(*e*) Kölliker, *Die Bildung*, pl. 3, fig. 53.

(*f*) Idem, *ibid.*, pl. 3, fig. 54 et suiv.

(*g*) Nordmann, *Recherches microscopiques sur l'anatomie et le développement du* Tendra zostericola (Demidoff, *Voyage en Crimée*, t. III, p. 668, POLYPES, pl. 2, fig. 6).

(*h*) Kölliker, *Beiträge*, pl. 2, fig. 17.

(*i*) Van Beneden, *Recherches sur les Bryozoaires*, pl. 8, fig. 4 o (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XVIII).

(*j*) Allman, *A Monograph of the fresh water Polyzoa*, pl. 11, fig. 25 (*Ray Society*, 1856).

(*k*) Dumortier et Van Beneden, *Histoire naturelle des Polypes composés d'un atome*, pl. 5, fig. 2.

rmatozoïdes s Animaux articulés.

ticularités que nous présente le sperme de quelques Insectes dépendent du mode de groupement des Spermatozoïdes plutôt que de la conformation de ces corps (1); mais chez la plupart des Crustacés et des Arachnides ils paraissent être remplacés par des vésicules qui ont souvent une structure fort singulière, et qui sont probablement des spermatophores ou des organites producteurs des Spermatozoïdes plutôt que les analogues de ces derniers corpuscules. Chez les Crabes et les Homards, par exemple, la liqueur séminale est remplie de vésicules garnies d'appendices radiaires qui n'exécutent aucun mouvement spontané (2); mais chez d'autres Podophthalmaires, les Mysis, par exemple, des Spermatozoïdes ordinaires se développent dans l'intérieur de gaînes analogues et ne tardent

observés par Swammerdam et par Needham, ont été pris par quelques naturalistes modernes pour des Vers parasites. Pour plus de détails sur leur histoire, je renverrai à un mémoire que j'ai publié sur ce sujet il y a une vingtaine d'années (a).

(1) Ainsi, chez les Sauterelles et les Criquets, les Spermatozoïdes sont fixés par leur extrémité céphaloïde sur une sorte de ruban, de façon à constituer par leur assemblage un grand filament barbu latéralement qui ressemble à une plume (b). Il en est de même chez plusieurs autres Insectes (c).

Chez beaucoup d'autres Animaux de la même classe les Spermatozoïdes sont filiformes et repliés en boucle avec leurs deux extrémités confondues ensemble (d) et il est à noter que la boucle ainsi formée a été prise quelquefois pour un renflement céphaloïde (e).

Il est aussi à remarquer que chez quelques Insectes les Spermatozoïdes sont renfermés dans des ampoules qui font office de Spermatophores : par exemple, chez les Grillons (f).

(2) Chez le Homard, ces corpuscules séminaux se composent d'une cellule ovalaire ou allongée, renfermant à l'une de ses extrémités une petite vésicule ou amas de matières organiques grisâ-

(a) Milne Edwards, *Observations sur la structure et les fonctions de quelques Zoophytes, Mollusques et Crustacés des côtes de la France* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1842, t. XVIII, p. 331).

(b) Siebold, *Ueber die Spermatozoiden der Locustinen* (*Acta Acad. nat. curios.*, t. XXI, p. 251, pl. 14, fig. 15).

(c) Par exemple, la Cigale (voy. Dujardin, *Nouveau Manuel de l'observateur au microscope*, pl. 11, fig. 18), et le *Sphodrus terricola*, de l'ordre des Coléoptères (*Op. cit.*, fig. 19).

(d) Hammerschmidt, *Ueber die Spermatozoen der Insecten* (*Isis*, 1838, p. 358, pl. 4).

(e) Siebold, *Ueber die Spermatozoen der Crustaceen, Insecten*, etc. (Muller's *Archiv fur Anat. und Physiol.*, 1836, p. 3, pl. 2).

(f) Lespés, *Mémoire sur les Spermatophores du* Gryllus campestris (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. III, p. 366 ; t. IV, p. 244).

pas à devenir libres (1) ; enfin, chez quelques autres Crustacés, la liqueur séminale ne diffère en rien de celle des Animaux des autres classes (2).

tres, et donnant naissance, par cette même extrémité, à trois longs appendices roides et styliformes qui divergent comme des rayons (*a*). Leur conformation est à peu près la même chez la Galatée (*b*) ; mais chez l'Écrevisse (*c*), ainsi que chez la plupart des Décapodes brachyures, leur portion centrale est constituée par une vésicule sphérique ou lenticulaire dont partent en rayonnant deux ou plusieurs petits appendices styliformes (*d*). Chez d'autres Crustacés du même groupe, la forme de ces corpuscules est intermédiaire aux deux types dont je viens de parler (*e*).

Chez les Pagures, ils ont d'abord une forme analogue à celle qui se rencontre chez les Crabes (*f*) ; mais ils acquièrent en se développant une sorte de boyau très-allongé qui fait saillie entre la base de la couronne radiaire (*g*).

(1) On sait, par les observations de MM. Frey et Leuckart, que chez les Mysis le sperme renferme d'abord des capsules qui ne paraissent différer des corpuscules séminaux dont il vient d'être question que par l'absence de rayons ; qu'ensuite des Spermatozoïdes filiformes se développent dans l'intérieur de ces capsules, et qu'enfin ces Spermatozoïdes en sortent pour devenir libres, état dans lequel leur forme ne présente rien d'anormal (*h*). Chez quelques Crustacés inférieurs, la liqueur séminale est logée dans des tubes qui font fonction de Spermatophores, et qui ont quelque analogie avec ceux des Céphalopodes, sans avoir une structure si complexe. Ces corps ont été observés chez les Cyclopes (*i*).

(2) Chez les Crustacés édriophthalmes, la liqueur séminale renferme

(*a*) Valentin, *Repertorium für* 1838, p. 188.
— Kölliker, *Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse*, pl. 3, fig. 23. — *Observ. pour servir à l'histoire des organes sexuels et du liquide séminal des Crustacés, etc.* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, t. XIX, p. 335, pl. 9 B, fig. 3).
— Goodsir, *Anatomical and Pathological Observations*, pl. 5, fig. 19.
(*b*) Kölliker, *Op. cit.* (*Annales*, t. XIX, pl. 9 B, fig. 2).
(*c*) Henle, *Ueber die Gattung* Branchiobdella (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1835, pl. 14, fig. 12).
— Siebold, *Ueber die Spermatozoen*, etc. (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol*, 1836, pl. 3, fig. 24).
— Mandl, *Anatomie microscopique*, 2ᵉ série, pl. 10, fig. 13.
(*d*) Par exemple, chez le Tourteau (*Cancer pagurus*) : voy. Kölliker, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, t. XIX, pl. 9 B, fig. 7).
— Le *Carcinus mænas* : voy. Kölliker, *loc. cit.*, fig. 4.
— Le *Stenorhynchus phalangium* : voy. Kölliker, *loc. cit.*, fig. 6.
— L'*Hyas aranea* : voy. Kölliker, *loc. cit.*, fig. 5.
— Le *Maia squinado* : voy. Kölliker, *Die Bildung der Samenfäden*, pl. 3, fig. 38.
— La *Dromia Rumphii* : voy. Kölliker, *Op. cit.*, pl. 3, fig. 46.
(*e*) Kölliker, *Beiträge*, *Ueber die Bildung der Samenfäden*, pl. 3, fig. 50.
(*f*) Kölliker, *Beiträge*, pl. 2, fig. 21.
(*g*) Kölliker, *Die Bildung der Samenfäden*. pl. 3, fig. 36 et 37.
(*h*) Frey et Leuckart, *Beiträge zur Kenntniss wirbelloser Thiere*, 1847, pl. 10, fig. 16.
(*i*) Siebold, *Beiträge zur Naturgeschichte der wirbellosen Thiere*, 1839, p. 36, pl. 2, fig. 41, 405.

Dans la classe des Arachnides, la liqueur séminale présente des anomalies analogues à celles que les Crustacés viennent de nous offrir. Chez les Scorpions, on y voit des Spermatozoïdes ordinaires (1); mais, chez les Aranéides, ce liquide ne contient que des capsules comparables à celles des Crabes, quoique dépourvues de rayons, et les corpuscules filiformes que l'on a vus se développer dans l'intérieur de ces cellules chez quelques Araignées n'ont présenté ni appendice caudal, ni mouvements spontanés; du reste, leur histoire réclame de nouvelles études (2).

L'existence de Spermatozoïdes a été constatée aussi chez

des Spermatozoïdes dont la conformation ne présente rien d'important à noter (*a*), mais ils ne paraissent pas jouir de la faculté de se mouvoir spontanément.

Chez les Balanes, on a trouvé des capsules spermatiques fusiformes à deux rayons, qui paraissent être assez semblables à celles des Crustacés décapodes (*b*).

(1) Ces Zoospermes sont filiformes et graduellement atténués d'avant en arrière (*c*).

(2) Chez les Épéires, le sperme contient des cellules sphériques renfermant chacun un noyau qui se transforme en un corpuscule cylindrique ayant l'apparence d'un Spermatozoïde qui serait dépourvu d'un appendice caudal et ne serait pas mobile (*d*). Pour plus de détails au sujet des capsules spermatiques des Arachnides, je renverrai à l'article SEMEN publié par MM. Wagner et Leuckart dans le *Cyclopædia of Anatomy and Physiology* de M. Todd.

Chez les Myriapodes chilopodes, les capsules spermatiques ont aussi la forme de petites cellules membraneuses dans lesquelles se développe tantôt un disque conique (*e*), tantôt deux corpuscules analogues (*f*) ; chez les Chilognathes, ils consistent en filaments capillaires enroulés en cercle (*g*).

(*a*) Par exemple, chez la Crevette des ruisseaux, ou *Gammarus pulex* : voy. Wagner et Leuckart, art. SEMEN (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. IV, p. 495, fig. 384).

— Chez l'*Hyperia Medusarum* : voy. Kölliker, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1843, t. XIX, pl. 9 B, fig. 9).

(*b*) Kölliker, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1843, t. XIX, pl. 9 B, fig. 10).

(*c*) Kölliker, *Die Bildung der Samenfäden*, pl. 2, fig. 16.

(*d*) Voyez Todd's *Cyclopædia of Anatomy*, t. IV, p. 491, fig. 374.

(*e*) Par exemple, chez l'*Iule terrestre* : voy. Wagner et Leuckart, art. SEMEN (Todd's *Cyclopædia of Anat. and Physiol.*, t. IV, p. 492, fig. 376 et 377).

(*f*) Par exemple, chez l'*Iulus fabulosus* : voy. Wagner et Leuckart, *loc. cit.*, p. 493, fig. 378.

(*g*) Par exemple, chez la Lithobie : voy. Stein, *Ueber die Geschlechtsverhältnisse der Myriapoden*, etc. (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1842, pl. 13, fig. 19).

— Chez les Géophiles : voy. Stein, *loc. cit.*, pl. 14, fig. 33.

Spermatozoïdes des Vers et des Zoophytes.

ıp de Vers (1), ainsi que chez un grand nombre de tes, (2), et dans ces groupes inférieurs du Règne animal ils

s les Annélides, les Sperma- ont en général un renflement e bien distinct, quoique cylin- peu élargi (a); quelquefois ournent en hélice d'une ma- remarquable (b). Chez les et les Néphélis, ils sont con- s des spermatophores (c).

s Nemertiens surtout, leur éphaloïde est subovalaire, élargie et allongée (d), d'au- riforme (e).

Planaire verruqueuse, les oïdes sont filiformes, très- t sans renflement cépha- nct (f).

(2) Les Spermatozoïdes des Coralliaires et des Échinodermes sont pourvus d'un renflement céphaloïde assez gros, bien distinct du filament caudal, et en général ovalaire (g), mais quelquefois globuleux (h).

La conformation des corpuscules séminaux est à peu près la même chez les Médusaires (i); il est cependant à noter que quelquefois leur portion céphaloïde est cylindrique et très-élargie, par exemple chez la Cassiopée bourbonienne (j).

Enfin on en a constaté l'existence chez les Spongilles (k), les Téthyes (l)

mple, chez le Lombric terrestre : voy. Kölliker, *Die Bildung der Samenfäden*, pl. 2, fig. 17.
lyophthalmiens : voy. Quatrefages, *Mém. sur la famille des Polyophthalmiens* (Ann. nat., 3e série, 1850, t. XIII, pl. 2, fig. 13).
ermelles : voy. Quatrefages, *Mém. sur la famille des Hermelliens* (Ann. des sciences e, 1848, t. X, pl. 3, fig. 2).
lis : voy. Keferstein, *Untersuchungen über niedere Seethiere* (Zeitschr. für wissensch. , pl. 9, fig. 44).
r, *Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit Thiere*, 1841, pl. 2, fig. 16.
ler, *Ueber die Geschlechtstheile von Clepsine und Nephelis* (Müller's Archiv für Anat. ., 1846, p. 138, pl. 8, fig. 11-13).
Mémoire sur les Spermatophores de quelques Hirudinées (Ann. des sciences nat., 61, t. XVII, p. 5, pl. 2).
mple, chez le *Nemertes Khronii* et le *N. Epponbergii* : voy. Kölliker, *Die Bildung der* , pl. 3, fig. 51 et 52.
rlasia balmea : voy. Quatrefages, *Mém. sur la famille des Némertiens* (Ann. des ., 3e série, 1846, t. VI, pl. 9, fig. 6).
mple, chez la *Polia humilis* et la *P. baculus*: voy. Quatrefages *loc. cit.*, pl. 11, fig. 5 et 6.
r, *Op. cit.*, pl. 3, fig. 59.
les : les Spermatozoïdes de diverses espèces d'Actinies : voy. Kölliker, *Beiträge*, pl. 1, .
l'*Echinus saxatilis* : voy. Kölliker, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 4.
mple, chez les Synaptes : voy. Quatrefages, *Mém. sur la Synapte de Duvernoy* (Ann. nat., 2e série, 1842, t. XVII, pl. 5, fig. 2).
tule de la Méditerranée : voy. Kölliker, *Die Bildung der Samenfäden in Bläschen*, .
mple, chez les *Équorées* : voy. Milne Edwards, *Observations sur la structure, etc., Zoophytes* (Ann. des sciences nat., 2e série, 1841, t. XVI, pl. 1, fig. 1 d).
ysaores : voy. Kölliker, *Beiträge*, pl. 1, fig. 9.
ostomes : voy. Kölliker, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 8.
olonia *frondosa* : Agassiz, *Contributions to the Natural History of the United-* , pl. 13 a, fig. 23.
r, *Die Bildung der Samenfäden*, pl. 2, fig. 18.
hn, *Zur Entwickelungsgeschichte der Spongilen* (Müller's Archiv für Anat. und 56, p. 560, pl. 15, fig. 34 ; pl. 18, fig. 17).
, *Zoological Notes and Observations, on the Anat. of the genus* Tethys (Ann. of Nat. e, 1851, t. VII, p. 370.

ne présentent aucune particularité notable dans leur mode de conformation ou dans leur manière d'être, mais ils ressemblent beaucoup aux corpuscules urticants qui se développent dans certaines parties du système tégumentaire, ou même dans des organes intérieurs, chez un grand nombre d'Acalèphes et de Coralliaires, et au premier abord il est facile de les confondre avec ces organites (1).

Mode de développement des Spermatozoaires

Dans ces derniers temps, le mode de développement des Spermatozoïdes a été étudié avec beaucoup de soin par plusieurs physiologistes, mais principalement par M. Kölliker (2).

Ces corpuscules se constituent dans l'intérieur de petites

(1) Les corpuscules qui constituent les cordons filiformes éjaculés par diverses Actinies, et qui ont été décrits d'abord par M. Wagner comme étant des Spermatozoïdes (*a*), ne sont autre chose que des nématocystes ou capsules sétifères urticantes. Les véritables Spermatozoïdes des Actinies ont été observés plus tard par M. Kölliker (*b*). On connaît également ceux de plusieurs autres Coralliaires (*c*).

(2) Le fait du développement des Spermatozoïdes dans l'intérieur des cellules ou vésicules membraneuses paraît avoir été annoncé à la Société des sciences naturelles en 1835, par Pelletier (*d*); mais cette communication ne donna alors lieu à aucune publication (*e*), et M. Wagner fut le premier à consigner dans les annales de la science des observations à ce sujet (*f*). L'étude du mode de formation de ces corpuscules spermatiques fut ensuite portée beaucoup plus loin par M. Kölliker, et elle a donné lieu à plusieurs autres publications (*g*).

(*a*) R. Wagner, *Entdeckung männlicher Geschlechtstheile bei den Actinien* (Wiegmann's *Archiv für Naturgeschichte*, 1835, t. II, p. 215, pl. 3, fig. 7).

(*b*) Kölliker, *Beiträge*, pl. 1, fig. 13.

(*c*) Par exemple, du Cérianthe : voy. J. Haime, *Mémoire sur le Cérianthe* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1854, t. I, p. 377, pl. 8, fig. 5).

— Du Corail : voy. Lacaze-Duthiers, *Histoire naturelle du Corail*, pl. 9, fig. 12.

(*d*) Voyez Pelletier, *Sur l'origine et le développement des zoospermes de la Grenouille* (*l'Institut*, 1838, p. 132). — *Observations sur le mode de formation et le développement des Zoospermes chez les Batraciens* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1840, t. XI, p. 816).

(*e*) Voyez le *Bulletin de la Société des sciences naturelles de France*, in-4, nos 1 à 3.

(*f*) Rud. Wagner, *Die Genesis der Samenthierchen* (Muller's *Archiv für Anat. und Physiol.* 1836, p. 225, pl. 9). — *Fragmente zur Physiologie der Zeugung*. — *Ueber die Spermatozoen* (Wiegmann's *Archiv für Naturgeschichte*, 1839, p. 40, pl. 2).

(*g*) Kölliker, *Die Bildung der Samenfäden in Bläschen*, 1846 (*Neue Denkschriften der Allgem. Schweitzerischen Gesellschaft für gesammte Naturwissenschaften*, t. VIII).

— W. Burnett, *Researches upon the Origin, Mode of Development and Nature of the Spermatic Particles among the four classes of Vertebrated Animals* (*Mem. of the American Acad.*, new series, vol. V).

— D. Martino, *Observations sur le développement des Spermatozoïdes des Raies et des Torpilles* (*Ann. des sciences nat.*, 1846, 3e série t. V, p. 171.

— Lallemand, *Observations sur le développement des Zoospermes de la Raie* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1841, t. XV, p. 247).

ou utricules membraneuses sphériques, et ces cel-
issent en nombre plus ou moins considérable dans
r d'une cellule commune. Les parois de ces cellules se
it spontanément lorsque leur rôle physiologique est
, et suivant que la disparition des utricules secondaires
ies a lieu avant ou après celle des parois de la cellule
u cellule enveloppante commune, la disposition des
tozoïdes varie. Lorsque la cellule mère cesse d'exister
e les cellules secondaires soient mûres, celles-ci de-
libres, et, comme chacune d'elles produit dans son
un Spermatozoïde, ces corpuscules séminaux naissent
t dans le liquide qui les renferme. Mais dans le cas
, c'est-à-dire quand les parois des utricules secon-
détruisent avant que la cellule commune ait cessé
r emprisonnée, les Spermatozoïdes se trouvent réunis
re considérable dans un réceptacle commun, et sou-
s'y disposent en faisceau ou d'une manière radiaire
'une masse albuminoïde centrale. Or, quand il en est
arrive fréquemment que la cellule mère ou cellule
e se détruit à son tour avant la désassociation du
insi constitué, et que par conséquent les Spermato-
uand ils viennent à être mis à nu, se montrent d'abord
orme de paquets plus ou moins gros; mais bientôt ils
ent entre eux et deviennent libres tout comme ceux
nés isolément (1). Le premier de ces modes de forma-
ncontre chez la plupart des Mammifères (2), ainsi que

le Pinson (*Fringilla cœ-*
xemple, les Spermatozoïdes
parallèlement en un fais-
ng dont la portion anté-
engagée dans la capsule
lorsque la portion posté-
rieure ou caudale de ces corpuscules est déjà dégagée et libre; ils forment ainsi une sorte de pinceau (*a*).

(2) Ce mode de développement des Spermatozoïdes a été étudié plus particulièrement chez le Lapin (*b*).

Wagner, *Icones physiologicæ*, pl. 1, fig. 4.
Die Bildung der Samenfäden, pl. 1, fig. 11.

chez beaucoup d'autres Animaux ; le second a été observé chez un grand nombre d'Oiseaux, de Batraciens, de Poissons cartilagineux, de Mollusques, d'Insectes et de Vers.

Le microscope ne nous a permis jusqu'ici de rien découvrir touchant la structure intérieure des Spermatozoïdes ; leur substance constitutive paraît être amorphe (1); mais, comme je l'ai déjà dit, ces singuliers corpuscules jouissent de propriétés physiologiques très-remarquables. Ainsi, ils exécutent des mouvements qui paraissent être volontaires, ils nagent avec une grande agilité en battant l'eau avec leur longue queue, et, pour peu que l'on observe leurs allures, on ne saurait douter de leur vitalité. Ils ressemblent beaucoup à des Animaux vermiformes qui seraient d'une petitesse extrême, et les anciens micrographes les désignaient sous les noms d'*Animalcules spermatiques* ou de *Spermatozoaires*. Quelques auteurs les considèrent comme des parasites comparables aux Vers intestinaux, et leur ont assigné une place dans les cadres zoologiques (2); mais ils ne sont en réalité que des produits de l'organisme assez analogues aux cils vibratiles des membranes muqueuses dont j'ai déjà eu plus d'une fois à parler. Ils ne périssent d'ordinaire que plus ou moins longtemps après qu'ils

(1) Plusieurs observateurs ont cru avoir découvert dans l'intérieur de certains Spermatozoïdes des organes distincts, par exemple un tube intestinal ; mais les apparences très-vagues dont ils arguent ne peuvent être interprétées de la sorte (*a*).

(2) Hill fut le premier à assigner aux Spermatozoïdes une place précise dans la classification du règne animal : il les rangea, avec les Vorticelles, dans son genre *Macrocerum* (*b*) ; d'autres zoologistes les ont considérés comme très-voisins des Cercariés (*c*).

(*a*) Valentin, *Ueber die Spermatozoen des Bären* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XIX, p. 2.., pl. 24).
— Ehrenberg, *Infusionsthierchen*, p. 465.
— Henle, *Ueber die Gattung Branchiobdella* (*Müller's Archiv für Anat. und Physiol.*, 18.., p. 574).
(*b*) Hill, *History of Animals*, 1752.
(*c*) Pallas, *Elenchus Zoophytorum*, 1766, p. 416.
— O. F. Muller, *Vermium terrestrium et fluviatilium historia*, 1773, t. I, p. 65.
— Bory Saint-Vincent, art. ZOOSPERMES (*Dictionn. classique d'hist. nat.*, t. XVI, p. 7..).
— Cuvier, *Règne animal*, 3ᵉ édit., 1828, t. III, p. 326.

itté l'être qui les a formés, et les conditions les plus bles à la prolongation de leur existence varient suivant pèces auxquelles ils appartiennent et les circonstances squelles la Nature les destine à vivre (1). Ainsi ceux de up d'Animaux marins périssent promptement dans l'eau , tandis qu'ils paraissent se plaire dans l'eau salée, et eux de certains Animaux qui fréquentent les eaux douces, issolution de chlorure de sodium peu concentrée agit e un poison (2). En général, ils ne vivent que quelques s quand ils sont exposés à l'air ou répandus dans l'eau :

a mort de l'animal qui renferme a corps les Spermatozoïdes ne pas nécessairement la cessa-a vie de ceux-ci, et parfois même nservent mieux dans le cada-lans la glande séminale extir-s'ils avaient été mis en liberté et nnés à eux-mêmes. Ainsi, M. de ages a trouvé des Spermatozoï-ants dans les testicules chez des s morts depuis trois jours (a). e, leur force de résistance varie up suivant les Animaux aux-s appartiennent. Ainsi les Sper-ïdes des Poissons périssent en très-promptement après leur e l'organisme, et M. de Quatre-e les a vus vivre que quelques s, lors même qu'il les plaçait s conditions les plus favora-environ deux minutes pour e la Perche et du Barbeau, inutes pour ceux de la Carpe, en plus de huit minutes pour ceux du Brochet (b); mais, dans une des expériences faites par M. Wagner sur la laitance d'une Perche conservée dans un verre sans mélange d'eau et à une basse température, les Spermatozoïdes étaient encore vivants au bout de quatre jours (c). Spallanzani a trouvé que les Spermatozoïdes du Chien, exposés à l'air, ne vivaient qu'environ un quart-d'heure, tandis que ceux du Cheval ne périssaient quelquefois qu'au bout de deux heures, et que ceux de l'Homme conservaient leurs mouvements pendant sept ou huit heures (d). L'urine normale, le mucus médiocrement épais, et la plupart des autres liquides de l'économie animale qui sont faiblement alcalins, ne leur sont pas nuisibles (e).

(2) La vitalité des Spermatozoïdes semble ne pouvoir se manifester que lorsque leur substance renferme une certaine quantité d'eau, quantité qui serait variable suivant les espèces, et

atrefages, *Recherches sur la vitalité des Spermatozoïdes de quelques Poissons d'eau douce* s sciences nat., 3e série, 1853, t. XIX, p. 350).
atrefages, *Op. cit.*, p. 342.
agner, *Traité de physiologie*, trad. par Haliets, 1841, p. 26.
allanzani, *Opuscules de physique*, t. II, p. 187, 111, 115, etc.
nné, *Cours de microscopie*, p. 286.

mais, ainsi que nous le verrons bientôt, ils conservent parfois toute leur activité pendant plusieurs mois, lorsqu'ils ont été déposés dans les organes génitaux de la femelle (1). L'étincelle électrique les tue immédiatement et ils ne résistent

l'influence de l'eau plus ou moins chargée de sel ou d'autres matières dont l'action chimique n'est pas notable sur ces corps, paraît dépendre principalement des phénomènes osmotiques que ce liquide détermine. Ainsi, la dessiccation rend les Spermatozoïdes immobiles, mais ne les tue pas toujours, et dans quelques cas il suffit de leur donner de l'eau pour les rendre à toute leur activité. L'action de l'eau, chargée d'albumine, de sucre, de gomme, s'explique de la même manière : dans une dissolution trop concentrée, les Spermatozoïdes abandonnent une portion de l'eau qui serait nécessaire à l'exercice de leurs fonctions, et lorsqu'ils ont été rendus immobiles de la sorte, ils peuvent reprendre leur mobilité par l'addition d'une certaine quantité d'eau pure (*a*). Pour les Spermatozoïdes des Animaux marins, qui sont destinés à subir le contact de l'eau salée, l'action de l'eau douce est beaucoup plus nuisible que pour les Spermatozoïdes des Animaux terrestres ou fluviatiles, et détermine souvent leur mort instantanément. Aussi les Spermatozoïdes des Vers marins du genre *Hermelle* périssent instantanément au contact de l'eau douce (*b*).

(1) Ainsi, chez les Insectes, les Spermatozoïdes déposés dans l'appareil sexuel de la femelle peuvent y rester vivants des semaines et même des mois entiers. Il en est de même pour certains Animaux vertébrés, la Salamandre terrestre, par exemple (*c*). Il est aussi à noter que chez quelques Animaux le développement des Spermatozoïdes ne s'achève qu'après l'introduction de ces corpuscules dans l'appareil génital femelle : par exemple, chez les Colimaçons (*d*).

La température exerce beaucoup d'influence sur la résistance vitale des Spermatozoïdes qui ont été expulsés au dehors. Ainsi Spallanzani a vu les Spermatozoïdes de l'Homme, placés du reste dans des conditions analogues, mourir en moins d'un quart d'heure, à la température de 2 à 3 degrés au-dessus de zéro, tandis qu'ils vécurent deux heures à 10 degrés, trois heures à environ 14 degrés, et de sept à huit heures à 27 ou 28 degrés (*e*). M. de Quatrefages a constaté des faits du même ordre chez les Spermatozoïdes des Poissons (*f*).

(*a*) Kölliker, *Ueber die Vitalität und die Entwickelung der Samenfäden* (*Verhandlungen der Physiologische Math. Gesellschaft.*, 1855, t. VI).

(*b*) Quatrefages, *Recherches expérimentales sur les Spermatozoïdes des Hermelles et des Tarets* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1850, t. XIII, p. 112).

(*c*) Siebold, *Ueber das receptaculum seminis der weiblichen Urodelen* (*Zeitschr. für wissensch. Zoologie*, 1858, t. IX, p. 463).

(*d*) Gratiolet, *Note sur les Zoospermes des Hélices et sur les métamorphoses qu'ils subissent dans la vésicule copulatrice, où ils ont été déposés pendant l'accouplement* (*Journal de conchyliologie*, 1850, t. I, p. 116 et 236).

(*e*) Spallanzani, *Op. cit.*, t. II, p. 107.

(*f*) Quatrefages, *Sur la vitalité des Spermatozoïdes* (*Ann. des scien. nat.*, 3e série, t. XIV, p. 347).

guère mieux à l'action de beaucoup de matières toxiques (1). Du reste, la faculté d'exécuter des mouvements, quoique étant en général très-développée chez les Spermatozoïdes qui sont parvenus à l'état de maturité, n'existe pas chez les corpuscules séminaux qui paraissent être appelés à jouer le même rôle chez certains Animaux inférieurs.

Rôle des Spermatozoïdes dans la fécondation.

Considérés par quelques naturalistes comme des parasites comparables aux Vers intestinaux, et comme n'ayant aucun rôle à remplir dans le travail de la reproduction (2), les Spermatozoïdes sont regardés par la plupart des physiologistes comme des agents essentiels de la fécondation, et quelques auteurs ont été jusqu'à supposer qu'ils étaient des ébauches d'embryons destinés à se développer dans l'intérieur de l'œuf

(1) MM. Prévost et Dumas ont vu que l'étincelle électrique frappait de mort tous les Spermatozoïdes sur lesquels portèrent leurs expériences ; mais ils n'ont pas obtenu des effets analogues en employant un courant galvanique (*a*).

Les agents chimiques qui coagulent l'albumine, ou qui modifient de quelque autre manière la substance constitutive des Spermatozoïdes, les tuent plus ou moins promptement. En général, les dissolutions alcalines très-faibles ne leur nuisent pas, mais ils ne résistent que peu à l'action des acides, et certaines matières minérales sont pour eux des poisons violents, même à très-faibles doses (*b*). Ainsi une partie d'eau saturée de sublimé corrosif, étendue dans 20 millions de parties d'eau de mer, tue les Spermatozoïdes du Taret en moins de deux heures (*c*).

(2) Ainsi Burdach, dont le *Traité de Physiologie* a joui d'une grande vogue en France aussi bien qu'en Allemagne, dit formellement que les Animalcules spermatiques sont des Infusoires qui se développent dans le sperme, quand ce liquide est devenu très-décomposable ; qu'ils n'ont avec l'organisme souche aucune connexion essentielle, que ce n'est pas en eux que réside la faculté procréatrice, enfin qu'ils ne sont qu'un effet accessoire et un phénomène concomitant de cette faculté (*d*). Il serait difficile d'accumuler plus d'erreurs en si peu de lignes.

(*a*) Prévost et Dumas, *Observations relatives à l'appareil générateur des Animaux mâles*, etc. (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, p. 288).

(*b*) Kraemer, *Observ. minos. et experim. de motu Spermatozoorum* (*Dissert. inaug.*). Gættingue, 1842.

(*c*) Quatrefages, *Sur un moyen de mettre les approvisionnements de bois de la marine à l'abri de la piqûre des Tarets* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1848, t. XXVI, p. 113).

— Kölliker, *Physiol. studien über die Samenflussigkeit* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1836, t. VII, p. 201).

(*d*) Burdach, *Traité de physiologie*, trad. par Jourdan, 1837, t. I, p. 138 et 134.

et à devenir ainsi le jeune Animal, dont la mère serait pour ainsi dire la nourrice seulement. Il me paraîtrait oiseux de rappeler ici tout ce qui a été imaginé à ce sujet dans le cours du siècle dernier, lorsque l'imperfection des microscopes exposait les observateurs inhabiles à une foule d'erreurs (1); mais on ne s'est pas trompé lorsqu'on a attribué aux Spermatozoïdes une grande importance, et les expériences rigoureuses dont la science a été enrichie plus récemment prouvent que c'est en eux que réside la puissance fécondante de la liqueur séminale.

Notons d'abord que chez les jeunes Animaux qui ne sont pas encore aptes à la reproduction, les liquides contenus dans les organes génitaux du mâle ne renferment pas de Spermatozoïdes, et que chez les Animaux où la faculté reproductrice ne se réveille qu'à une certaine saison de l'année, ces corpuscules animés n'existent, ou du moins ne sont complétement développés qu'à cette même époque, et manquent ou n'existent que dans un état d'imperfection évident pendant le reste de l'année (2). On sait que certains Animaux hybrides sont sté-

(1) On cite souvent, à ce sujet, une prétendue observation de Dalempatius, qui aurait vu dans la liqueur séminale un Animalcule se dépouiller de son enveloppe, et montrer alors très-distinctement la forme d'un corps humain avec tête, bras, jambes, etc. (*a*). Mais l'écrit dans lequel cette relation se trouvait (*b*) paraît n'avoir été qu'une plaisanterie faite par François de Plantade, secrétaire de la Société royale de Montpellier (*c*). Buffon confondit les Spermatozoïdes avec les corpuscules agités par le mouvement brownien, qu'il trouva dans les ovaires ainsi que dans d'autres parties (*d*) et il considéra les uns et les autres comme étant de ces molécules organiques dont j'ai déjà eu à parler dans la précédente Leçon (*e*). Needham adopta des vues analogues, et considéra les Spermatozoïdes comme étant le résultat de la décomposition du sperme.

(2) Je reviendrai sur ce sujet lorsque je traiterai de la reproduction dans chacun des principaux groupes du Règne animal.

(*a*) Buffon, *Histoire des Animaux* (*Œuvres*, édit. de Desmarest, t. XII, p. 163).

(*b*) Dalempatius, *Lettre concernant une observation microscopique de la semence qu'on trouve dans la Nouvelle république des lettres*, 1699.

(*c*) Portal, *Histoire de l'anatomie*, t. IV, p. 231.

(*d*) Buffon, *Histoire des Animaux*, p. 189 et suiv.

(*e*) Voyez ci-dessus, page 247.

riles, les Mulets, par exemple, et le microscope a souvent permis de constater que chez ces métis inféconds il n'y a pas de Spermatozoïdes (1). Enfin, dans les cas où la vieillesse amène l'impuissance, ces corpuscules spermatiques manquent également (2).

Preuves de la faculté fécondante des Spermatozoïdes.

Dans diverses expériences sur la fécondation artificielle, on a constaté que la liqueur séminale dans laquelle les Spermatozoïdes avaient été tués, soit par une exposition prolongée à l'air, soit par l'action de la chaleur ou de divers agents chimiques, était sans action sur les œufs, et Spallanzani a trouvé que la filtration de ce liquide suffit pour produire le même résultat.

D'après tous ces faits, on devait être très-porté à croire que la puissance fécondante du sperme était liée à l'existence et à la vitalité des Spermatozoïdes dont ce liquide est chargé ; mais, pour obtenir la démonstration de ce fait, il fallait des expériences comparatives, et celles-ci n'ont été bien instituées que de nos jours. On les doit à deux savants dont j'ai eu souvent l'occasion de citer les travaux, Prévost (de Genève), et M. Dumas, qui, avant d'être un des chimistes les plus émi-

(1) L'absence de Spermatozoïdes dans la liqueur séminale des Mulets ordinaires a été constatée par plusieurs naturalistes. Dans quelques cas exceptionnels, ces métis deviennent féconds (*a*).

M. Wagner a trouvé quelques Spermatozoïdes dans la liqueur séminale d'un métis de Serin et de Chardonneret, mais ces corpuscules n'avaient ni les dimensions, ni la forme de ceux propres à l'une ou à l'autre des espèces citées (*b*).

(2) Dans certains cas de stérilité du mâle, les Spermatozoïdes existent en petit nombre dans la liqueur séminale, mais n'atteignent pas leur développement normal, ainsi que j'ai eu l'occasion de l'observer chez un Coq très-vieux et inapte à la reproduction (*c*).

(*a*) Hebenstreit, *Journal encyclopédique*, 1762 (voy. Bonnet, *Considérations sur les corps organisés*, t. II, p. 211).
— Gleichen, *Dissertation sur la génération*, p. 45.
— Prévost et Dumas, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, p. 184).
— Hausmann, *Ueber den Mangel der Samenthierchen bei Hausthieren*, 1844.
(*b*) Wagner, *Physiologie*, p. 38.
(*c*) Lallemand, *Observ. sur l'origine et le mode de développement des Zoospermes* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1841, t. XV, p. 43).

nents de son temps, s'occupait avec un succès éclatant d'études physiologiques.

Dans toutes les expériences dont je viens de rendre compte, de même que dans celles où les Spermatozoïdes avaient été tués par un choc électrique, on ne pouvait pas être certain que la perte de la puissance fécondante fût occasionnée par la mort de ces corps, et ne tînt pas à d'autres modifications déterminées dans la constitution de la liqueur séminale par les agents dont on avait fait usage. Dans l'expérience de Spallanzani sur le sperme étendu d'eau et filtré, on pouvait aussi attribuer, non à l'absence de Spermatozoaires, mais à l'altération de quelque autre partie de la liqueur prolifique, l'inaptitude de celle-ci à féconder les œufs. Pour décider la question, il fallait s'assurer qu'il n'en était pas ainsi, et cela a été fait par MM. Prévost et Dumas de la manière suivante :

Une certaine quantité de sperme de Grenouille convenablement étendu d'eau fut jetée sur un filtre approprié à cet usage; puis le liquide qui s'écoula à travers le papier, et qui ne renfermait pas de spermatozoïdes, fut mis en contact avec des œufs non fécondés; d'autres œufs semblables furent alors arrosés avec le résidu resté sur le filtre, et qui consistait essentiellement en Spermatozoïdes. Ces derniers œufs donnèrent bientôt des indices de fécondation et se développèrent d'une manière normale, tandis que les premiers restèrent stériles et ne tardèrent pas à se corrompre. Ainsi le sperme dépouillé de ses Spermatozoïdes avait perdu ses propriétés fécondantes, et les Spermatozoïdes, séparés mécaniquement des autres parties constitutives de ce liquide, avaient conservé cette faculté. La même expérience, répétée plusieurs fois, donna toujours les mêmes résultats (1). Il est donc évident que c'est aux Spermatozoaires

(1) MM. Prévost et Dumas varièrent de diverses manières ce genre de démonstration, et toutes leurs expériences, dont il serait trop long de donner

que le mélange, c'est-à-dire la liqueur spermatique, doit son pouvoir fécondant.

Il est également à noter que, dans toutes ces expériences de fécondation artificielle, le microscope fit découvrir un nombre plus ou moins considérable de Spermatozoaires fixés sur la surface de l'œuf de la Grenouille ou pénétrant dans la substance albumineuse dont la sphère vitelline est entourée.

Les Spermatozoïdes pénètrent dans l'œuf

§ 3. — La condition de toute fécondation paraît être en effet le contact matériel des Spermatozoïdes vivants avec l'œuf à l'état de maturité. Les faits nous manquent pour décider si ce sont ces singuliers corps eux-mêmes qui possèdent la propriété fécondante, ou s'ils sont seulement les agents chargés de transporter jusque sur l'œuf une matière fécondante particulière qui serait distincte de leur substance constitutive. Mais pour que le mouvement organisateur qu'ils impriment à l'œuf soit suffisant pour déterminer la formation d'un Animal nouveau, une quantité de la matière fécondante supérieure à celle fournie par un de ces corps paraîtrait être nécessaire. Dans les expériences de MM. Prévost et Dumas, on trouva toujours plusieurs Spermatozoïdes sur chaque œuf (1), et, dans des recherches ana-

ici le détail, tendirent à prouver que le contact direct des Spermatozoïdes et de l'œuf est la condition essentielle de la fécondation de celui-ci (*a*). En 1840, Prévost répéta avec succès cette expérience en séparant les parties liquides et solides du sperme de la Grenouille au moyen d'une action osmotique (*b*), et plus récemment Newport a obtenu les mêmes résultats en se servant d'un filtre (*c*).

(1) Ces physiologistes remarquèrent aussi que le nombre des œufs fécondés était toujours très-inférieur à celui des Spermatozoïdes employés (*d*). M. de Quatrefages a obtenu des résultats

(*a*) Prévost et Dumas, *Second Mémoire sur la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 1821, t. II, p. 144 et suiv.).

(*b*) Prévost, *Recherches sur les Animalcules spermatiques* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1840, t. XI, p. 908).

(*c*) G. Newport, *On the Impregnation of the Ovum in the Amphibia* (*Philos. Trans.*, 1850, p. 169).

(*d*) Prévost et Dumas, *Deuxième Mémoire sur la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. II, p. 145 et suiv.).

logues faites plus récemment en Angleterre par Newport, on a vu que le travail embryogénique avortait toujours dans les œufs qui n'avaient reçu le conctact que d'un ou de deux Spermatozoïdes, tandis qu'il se poursuivait d'une manière normale là où la dose de cette matière fécondante avait été notablement plus forte.

§ 4. — Ainsi que je l'ai déjà dit, les Spermatozoïdes qui se fixent sur la surface de l'œuf de la Grenouille pénètrent profondément dans la couche albumineuse dont la sphère vitelline est entourée, et on les a vus s'avancer de la sorte jusque sur la membrane qui limite cette sphère. Cette pénétration des Spermatozoïdes jusque sur le globe vitellin paraît être même une condition de fécondation ; car, lorsque les œufs des Batraciens dont il est ici question ont été préalablement exposés à l'action de l'eau, de façon que leur albumen se trouve gonflé par l'absorption de ce liquide, les Spermatozoïdes ne peuvent s'y enfoncer, et alors la fécondation ne s'opère pas (1).

analogues dans les expériences sur la fécondation artificielle des œufs de divers Annélides (*a*).

Les expériences de Newport tendent à établir que les premiers phénomènes dénotant l'activité embryogénique se manifestent plus promptement quand la quantité de matière fécondante employée a été considérable, que lorsque cette quantité est très-faible (*b*).

(1) MM. Prévost et Dumas ont constaté que l'eau absorbée par l'albumine de l'œuf de la Grenouille pendant que cette substance gélatineuse se gonfle est l'agent mécanique qui détermine la pénétration des Spermatozoïdes jusque sur la sphère vitelline (*c*). Les actions osmotiques qui s'établissent entre l'œuf et le liquide ambiant nous expliquent pourquoi, lorsque ces corps sont en contact avec du sperme très-concentré, il peut arriver qu'ils ne soient pas fécondés ; fait qui a été remarqué par plusieurs physiologistes (*d*). En effet, si le courant osmotique, au lieu d'aller de

(*a*) Quatrefages, *Expériences sur la fécondation artificielle des œufs d'Hermelle et de Taret* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1850, t. XIII, p. 128).

(*b*) Newport, *Op. cit.* (*Philos. Trans.*, 1850, p. 210).

(*c*) Prévost et Dumas, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. II, p. 129.

(*d*) Quatrefages, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1851, t. XIII, p. 131 et suiv.).
— Newport, *On the Impregnation of the Ovum of the Amphibia*, second series (*Philos. Trans.*, 1853, p. 253).

Des phénomènes analogues ont été observés chez beaucoup d'autres Animaux. Ainsi, chez divers Mammifères, on a vu les Spermatozoïdes logés plus ou moins profondément dans la couche de substance albuminoïde qui entoure la sphère vitelline (1), et plusieurs observateurs habiles assurent les avoir suivis plus loin, c'est-à-dire au delà de la membrane vitelline et jusque dans le vitellus.

Je ne parlerai pas ici de ce qui en a été dit par quelques auteurs du siècle dernier, qui se lancèrent dans le domaine de la fantaisie (2); mais, à raison de l'importance du sujet, je crois devoir entrer dans quelques détails relatifs aux faits annoncés successivement par plusieurs des ovologistes les plus habiles de l'époque actuelle. M. Martin Barry fut le premier à apercevoir chez le Lapin, dans l'enveloppe de la sphère vitelline, une petite fente qui lui parut livrer passage aux Spermatozoïdes, et il annonça également avoir constaté la présence de ceux-ci dans l'intérieur de l'œuf de cet Animal (3). Mais son opinion ne rencontra d'abord que des incrédules, et elle Micropyle.

dehors en dedans, et d'entraîner ainsi les zoospermes vers l'intérieur de l'œuf, s'établit de celui-ci dans le liquide ambiant, il deviendra un obstacle pour la pénétration des Spermatozoïdes.

(1) Par exemple Andry, qui, au commencement du XVIII[e] siècle, était doyen de la Faculté de médecine de Paris (a).

(2) Pour plus de détails sur l'historique de cette question, je renverrai à un article très-bien fait de M. Ed. Claparède (b).

(3) Les premières observations de M. Martin Barry sur ce sujet datent de 1840. A cette époque, il avait remarqué seulement, sur la surface de la membrane transparente ou zone pellucide de l'œuf du Lapin non encore fécondé, un point qui lui paraissait être un orifice, et dans un cas il avait aperçu dans ce même point un objet qui ressemblait beaucoup à un Spermatozoïde pénétrant dans l'intérieur de l'œuf; mais il ne présenta ces observations qu'avec beaucoup de réserve. En 1843, le même physiolo-

(a) Andry, *De la génération des Vers dans le corps de l'Homme*, 1700. — *Éclaircissements sur le livre de la génération*, 1709.

(b) Claparède, *Sur la théorie de la fécondation de l'œuf* (*Bibliothèque universelle de Genève, Sciences physiques*, t. XXIX, p. 284).

était déjà presque oubliée des physiologistes, lorsque, en 1852, M. Nelson (de Glasgow) arriva à des résultats analogues en étudiant l'œuf d'un Ver intestinal, l'*Ascaris mystax* (1); et Newport, qui, pendant longtemps, avait combattu les vues de Barry, reconnut que non-seulement les Spermatozoïdes parviennent en grand nombre jusque sur la membrane vitelline de l'œuf de la Grenouille, mais traversent cette tunique et se rendent dans l'intérieur du vitellus (2). Peu de temps après la publication de ces observations, M. Keber (d'Insterberg) annonça que chez les œufs de certains Mollusques (les *Unio* et les Anodontes), il existe à la surface de la sphère vitelline une ouverture en forme de goulot, à laquelle il appliqua le nom de *micropyle*, et que cet orifice livre passage aux Spermatozoïdes (3). Enfin, l'un des embryologistes les plus célèbres de l'Allemagne, M. Bischoff, après s'être souvent élevé contre les opinions

giste se prononça d'une manière plus positive sur ce sujet, et affirma avoir vu des Spermatozoïdes dans l'intérieur de l'œuf (*a*); mais la plupart des embryologistes pensèrent qu'il s'en était laissé imposer par quelque apparence illusoire (*b*).

(1) Cet auteur, en étudiant l'*Ascaris mystax*, a vu les particules spermatiques pénétrer dans les œufs qui ne paraissent pas être limités par une membrane vitelline (*c*). Là il n'y aurait pas d'orifice particulier comparable au micropyle dont parle M. Barry, et l'introduction du sperme dans la masse vitelline se ferait par tous les points de la surface de celle-ci.

(2) Newport n'a conservé aucun doute relativement au passage des Spermatozoïdes à travers la membrane vitelline de ces œufs et à leur entrée dans la substance du vitellus. Il pense que ce passage n'a pas lieu par un ou plusieurs orifices particuliers comparables au micropyle dont il a été question ci-dessus, mais indifféremment par des points quelconques (*d*).

(3) L'ouvrage publié sur ce sujet par M. Keber est loin de présenter le haut degré de nouveauté que son au-

(*a*) Barry, *Researches on Embryology, third series* (*Philos. Trans.*, 1840, p. 533, pl. 22, fig. 165 et 167).

Idem, *Spermatozoa observed within the Mammiferous Ovum* (*Philos. Trans.*, 1843, p. 33).

(*b*) Bischoff, *Traité du développement de l'Homme et des Mammifères*, trad. par Jourdan, 1843, p. 29.

(*c*) Nelson, *The Reproduction of the* Ascaris mystax (*Philos. Trans.*, 1852, p. 563, pl. 28, fig. 59, etc.).

(*d*) G. Newport, *On the Impregnation of the Ovum in Amphibia*, second series (*Philos. Trans.*, 1853, p. 271, note).

je viens de parler, reconnut formellement l'exactitude
bservations de Barry et de Newport. Il assura avoir parment bien constaté la présence des Spermatozoïdes dans
rieur de la sphère vitelline chez le Lapin et la Grenouille (1).
s faits du même ordre furent publiés bientôt après, tout la pénétration des Spermatozoïdes dans l'intérieur de
f chez les Ascarides, chez divers Insectes, chez la Crevette
ruisseaux et chez quelques autres Animaux (2).
us récemment, ces résultats importants ont été corroborés
ce qu'ils ont d'essentiel par d'autres observations, et

ui attribua, et paraît contenir oup d'erreurs (*a*). Il a été l'ob- critiques très-vives (*b*), mais a bué à fixer l'opinion des ovolo- sur la question soulevée par rry. Les observations de M. Leucsur le micropyle de l'œuf des sont plus exactes (*c*), et il est à que l'existence d'un orifice de nre avait aussi été décrite antément chez l'œuf des *Syngnathes*, oyère (*d*), ainsi que dans les œufs *olothuria tubulosa*, de la *Thyone* et de l'*Ophiotrix*, par J. Müll); des *Modiolaria* et des *Car*s, par M. Löven (*f*), et de la *Ster*s *thalassoides*, par M. Müller (*g*).

Le témoignage de M. Bischoff doit avoir d'autant plus de poids aux yeux des physiologistes, que pendant longtemps il s'était très-nettement prononcé contre l'opinion de Barry touchant l'existence d'un micropyle et la pénétration des Spermatozoïdes dans l'intérieur de l'œuf proprement dit. En 1854, il est venu déclarer formellement que Barry et Newport avaient raison, et que, comme eux, il avait bien constaté le passage des Spermatozoïdes dans l'intérieur de l'œuf, tant chez le Lapin que chez la Grenouille (*h*).

(2) En 1854, M. Meissner publia un travail très-estimé sur la structure de l'œuf de divers Animaux inférieurs, et se prononça nettement sur le fait de la pénétration des Spermato-

'. Keber, *Ueber den Eintritt der Samenzellen in dem Ei. Ein Beiträge zur Physiologie der* g. Königsberg, 1853.
Bischoff, *Widerlegung des von Dr Keber bei den Najaden und Dr Nelson bei den Ascariden* *isten Eindringens der Spermatozoiden in das Ei*. Giessen, 1853.
Sessling, *Einige Bemerkungen zu des Dr Keber's Abhandlung : Ueber den Eintritt.*, etc. *hrift für wissenschaftliche Zoologie*, 1854, p. 392).
Meyer, *Ueber das Eindringen der Spermatozoïden in das Ei* (*Verhandlung des Naturhisto*s *Vereines der preussischen Reinlands und Westphalens*, 1856, p. 266).
euckart, art. ZEUGUNG (Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie*, t. IV, p. 801). — s *zu Bischoff's Widerlegung*, 1853.
Doyère, *Note sur l'œuf du* Loligo media *et celui du Syngnathe* (l'*Institut*, 1850, t. XVIII, p. 12).
I. Müller, *Untersuchungen über die Metamorphose der Echinodermen ; vierte Abhandl.*, p. 41.
Löven, *Bidrag till Könnedomen om utverklingen of* Mollusca acephala lamellibranchiata *kaps-Akad. Handlingar*, 1848).
Max. Muller, *De Vermibus quibusdam maritimis*, dissert. inaug. Berolini, 1852.
Bischoff, *Bestätigung des von Dr Newport bei den Batrachiern und Dr Barry bei den* *chen behaupteten Eindringens der Spermatozoiden in das Ei*. Giessen, 1854.

il paraît bien démontré que dans l'acte de la fécondation les Spermatozoïdes pénètrent jusque sur ou même dans la masse vitelline (1).

Perfectionnements de l'appareil fécondateur.

§ 5. — Connaissant les conditions essentielles qui doivent être remplies pour que la reproduction sexuelle puisse s'effectuer, nous chercherons comment la Nature les réalise, et, après avoir complété de la sorte le coup d'œil général que je me proposais de jeter sur cet ordre de fonctions, nous reviendrons à l'histoire des Spermatozoïdes pour en étudier la conformation, les propriétés physiologiques et le mode d'origine.

§ 6. — Dans les fonctions de reproduction, de même que pour les fonctions de nutrition dont l'étude nous a occupés précédemment, la loi de perfectionnement par la division du tra-

zoïdes. Ses recherches portèrent principalement sur des Ascarides, le *Mermis albicans*, les Lombrics terrestres, divers Insectes, tels que des Mouches, des Tipules et des Cousins, des Coléoptères (*Lampyres*, *Elater*, *Téléphores*), des Lépidoptères (*Pieris*, *Liparis*, etc.), des Hyménoptères (*Tenthredo*, *Sirex*, etc.), et des Névroptères (Agrion et Panorpe). Il a examiné plus de deux cents espèces, et il a souvent été témoin de l'entrée des Spermatozoïdes dans le vitellus par le micropyle (*a*). Cet orifice a été observé aussi dans l'œuf de beaucoup de Poissons (*b*).

(1) M. Lacaze-Duthiers a fait à ce sujet des observations très-intéressantes chez les Dentales. Il pense que le micropyle décrit par ses prédécesseurs est souvent un orifice de la coque de l'œuf plutôt que de la membrane vitelline; mais que dans les premiers temps la sphère vitelline n'a pas de tunique membraneuse de ce genre; de sorte que les Spermatozoaires qui pénètrent par l'ouverture en question peuvent arriver directement sur le vitellus.

Quoi qu'il en soit, M. Lacaze-Duthiers a souvent vu très-distinctement les Spermatozoïdes pénétrer sous l'enveloppe de l'œuf, et se loger entre elle et le vitellus vers le centre duquel ces corpuscules vermiformes paraissaient vouloir pénétrer (*c*).

(*a*) Meissner, *Beobachtungen über das Eindringen der Samenelemente in den Dotter* (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, 1854, t. VI, n° 1, p. 208, pl. 6 et 7; n° 2, *loc. cit.*, p. 272, pl. 9).

(*b*) Bruch, *Ueber die Mikropyle der Fische* (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, 1854, t. VII, p. 172).

Ransom, *On the impregnation of the Ovum of the Stickleback* (*Proceed. of the Roy. Soc.* 1854, t. VII, p. 168).

— Reichert, *Ueber die Mikropyle der Fische*, etc. (*Müller's Archiv für Anat. und Physiol.*, 1856, p. 83, pl. 4 fig. 1-4).

— R. Leuckart, *Ueber die Mikropyle und den feineren Bau der Schalenhaut bei den Insekten-Eiern* (*Müller's Archiv für Anat.*, 1855, p. 90).

(*c*) Lacaze-Duthiers, *Histoire de l'organisation et du développement du Dentale* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1857, t. VII, p. 204).

ail et la spécialité des instruments règle les grandes modifiations que l'on rencontre lorsqu'on passe en revue les divers roupes du Règne animal, depuis les Zoophytes les plus simples isqu'à l'Homme.

Ainsi, nous avons déjà vu que chez quelques-uns des Aniaux les plus inférieurs, le travail de la reproduction a lieu idifféremment dans presque toutes les parties de l'organisme, t n'a pour s'accomplir aucun agent spécial (1). Chez les lydres, par exemple, les ovules, d'une part, et les Spermatooïdes, d'autre part, se développent dans la substance du tissu ommun, et sont mis en liberté par la rupture des parois de la ivité qui les renferme ; il n'y a ni organe sécréteur spécial, i voies préétablies pour l'évacuation des produits, ni aucune isposition particulière qui soit propre à favoriser le rapprohement des ovules et des Spermatozoïdes, dont dépend la écondation des produits génésiques. Ce rapprochement est bandonné au hasard, et c'est par diffusion dans le milieu mbiant, ou par l'action des courants de celui-ci, que l'élément âle est mis en contact avec l'élément femelle (2).

Un premier degré de perfectionnement des fonctions de la production est obtenu par la localisation du travail reproducur des ovules, et des phénomènes dont dépend la formation es Spermatozoïdes, dans des organes spéciaux, qui sont, d'une art, un ovaire, d'autre part, un testicule. Ces instruments hysiologiques appartiennent à la classe des glandes, et conistent essentiellement en une substance qui donne naissance des utricules ou cellules membraneuses d'une nature partiulière. Ces utricules constituent tantôt des ovules, d'autres ois les capsules spermatiques dont j'ai déjà eu l'occasion de arler dans cette Leçon ; et les Spermatozoïdes, de même que

(1) Voyez ci-dessus, page 329.

(2) Cette diffusion de la faculté reroductrice existe chez les Spongiaires aussi bien que chez les Hydres d'eau douce. Nous y reviendrons dans une des Leçons suivantes.

les ovules ainsi produits, doivent être mis en liberté, résultat qui peut être réalisé par le seul fait de la rupture du tissu circonvoisin, si les glandes ovariennes et testiculaires sont placées près de la surface extérieure du corps. Ces deux sortes de glandes constituent alors à elles seules tout l'appareil de la génération. Mais lorsque les fonctions de celui-ci se perfectionnent, la division du travail s'y introduit : le même instrument cesse d'être affecté à la fois à la production et à l'évacuation des éléments génésiques, et des voies préétablies sont disposées pour la sortie tant du sperme que des ovules, ce qui permet aux organes producteurs de se loger plus profondément dans l'économie, et d'être par conséquent mieux protégés. Ici, de même que pour les fonctions dont l'étude nous a déjà occupés, ce résultat peut être obtenu par voie d'emprunt, et chez les Animaux dont l'appareil reproducteur est très-simple, nous verrons tantôt la cavité digestive, tantôt la chambre viscérale, servir de canal excréteur pour les ovaires et pour les produits des organes mâles (1). Mais, chez tous les Animaux les plus parfaits sous ce rapport, la Nature crée pour cet usage des conduits spéciaux, et il existe, en communication avec la glande génésique, un tube particulier qui est appelé *oviducte*, lorsqu'il appartient à l'ovaire, et *canal déférent*, lorsqu'il dépend du testicule.

Chez les Animaux inférieurs dont l'appareil reproducteur est

(1) Ainsi, chez tous les Coralliaires, les organes de la reproduction sont suspendus dans l'intérieur de la grande cavité digestive, et c'est par la bouche que leurs produits sont expulsés au dehors (*a*).

Comme exemple des Animaux chez lesquels la chambre viscérale ou cavité digestive communique directement à l'extérieur, et sert à l'évacuation des œufs et du sperme, je citerai les Poissons de la famille des Lamproies. Je reviendrai sur ce sujet dans la 75e Leçon.

(*a*) Par exemple, le Corail (voy. Milne Edwards, l'*Atlas du Règne animal* de Cuvier, ZOOPHYTES, pl. 80, fig. 1 *b*).
— Les Actinies ou Anémones de mer (Milne Edwards, *loc. cit.*, pl. 62, fig. 2).
— Lacaze-Duthiers, *Histoire naturelle du Corail*, p. 127 et suiv.

constitué de la sorte, de même que chez ceux où le travail génésique n'est pas encore devenu l'apanage d'organes particuliers, le rôle des parents ne consiste que dans l'élaboration et l'excrétion des ovules et de la liqueur séminale ; la réalisation du phénomène de la fécondation est abandonné au hasard, et le contact des Spermatozoïdes et de l'ovule n'est déterminé que par les courants dont le fluide ambiant est le siége, ou par quelque autre cause accidentelle et indépendante de l'action des êtres producteurs : aussi y a-t-il alors souvent beaucoup d'œufs qui ne sont pas fécondés et beaucoup de semence qui ne trouve pas d'emploi. Mais, chez les Animaux d'un rang plus élevé, la Nature tend à économiser davantage les produits embryogéniques en assurant de mieux en mieux la rencontre des deux éléments dont la réunion est nécessaire au développement de l'être futur : l'ovule et les Spermatozoïdes. Cependant, ainsi que je l'ai déjà dit, une autre condition de perfectionnement physiologique est la division du travail, qui a pour effet la localisation des divers phénomènes génésiques dans autant d'organes spéciaux. Or, ces deux tendances ne sauraient poursuivre loin leur cours sans devenir opposées, à moins que les résultats qu'elles déterminent ne soient accompagnés de complications considérables dans l'acte de la reproduction. En effet, pour que la première de ces conditions de perfectionnement soit réalisée chez des Animaux d'une structure peu complexe, il suffit que l'organe ovigène et l'organe spermatogène soient réunis chez le même individu et disposés de façon que leurs produits se mêlent pendant leur passage au dehors. Mais la division croissante du travail génésique amène bientôt la séparation des organes mâles et des organes femelles, d'abord dans deux appareils distincts chez le même individu, puis chez deux individus de même espèce dont les fonctions sont différentes. Alors la mise en rapport des ovules et des Spermatozoïdes nécessite le rapprochement sexuel de ces deux individus, et ne peut être bien

assurée que par l'introduction de l'élément fécondant dans l'intérieur des cavités destinées à produire les ovules, ou à les conduire de l'ovaire hors de l'organisme de l'individu femelle et à les abandonner au milieu ambiant. La fécondation, au lieu de se faire à l'extérieur et après la ponte, s'opère alors dans l'intérieur du corps de la femelle, et quelquefois même très-longtemps avant la sortie des produits fournis par l'ovaire.

Animaux androgynes.

On conçoit donc que chez les Animaux dont l'appareil reproducteur est d'une structure très-simple, l'hermaphrodisme puisse être à certains égards une condition de perfectionnement. Certains Échinodermes, dont l'anatomie a été étudiée avec habileté par M. de Quatrefages, nous en offrent un exemple remarquable. En effet, ce naturaliste a constaté que, chez les Synaptes, le tissu ovarien et le tissu sécréteur de la liqueur séminale sont fixés aux parois d'un même tube membraneux qui fait office tout à la fois d'oviducte et de canal déférent : or, les choses y sont disposées de telle sorte que les œufs, en se portant au dehors, frottent contre le tissu spermatogène, et déterminent aussi la rupture des utricules où se développent les Spermatozoïdes. Ceux-ci, mis en liberté par cette action toute mécanique, entourent immédiatement l'œuf et le fécondent avant son évacuation au dehors (1).

(1) Ces observations ont été faites chez la Synapte de Duvernoy, qui habite nos côtes. L'appareil générateur de cet Animal consiste en trois paires de cordons qui flottent dans la cavité viscérale et qui débouchent au dehors par un orifice commun situé près de l'extrémité antérieure du corps. Ces cylindres sont creux, et, à l'époque de la reproduction, ils sont tapissés par des mamelons formés d'un tissu utriculaire, dans les cellules duquel se développent des Spermatozoïdes. Enfin, dans les espaces que les bases de ces tubérosités testiculaires laissent entre elles, se trouve un autre tissu qui est ovigène, et qui constitue par conséquent un ovaire. Les œufs qui y prennent naissance s'en détachent bientôt, et tombent dans la cavité du tube générateur, où ils compriment les mamelons spermatogènes, en rompent les cellules, et déterminent la sortie du liquide séminal, qui est ainsi mis en contact avec leur surface. L'hermaphrodisme est donc ici aussi

Mais, dans l'immense majorité des cas, la séparation des organes mâles et femelles semble avoir plus d'importance que l'emploi économique de leurs produits, et les sexes étant séparés, le concours de deux individus devient nécessaire pour bien assurer l'utilisation des matières reproductrices.

Hermaphrodisme relatif.

Chez quelques Animaux inférieurs, ce résultat est obtenu sans que l'hermaphrodisme ait cessé d'exister. Chaque individu est pourvu d'un appareil mâle aussi bien que d'un appareil femelle ; mais ces deux appareils ne sont pas disposés de façon que leurs produits puissent se rencontrer, et les ovules donnés par un de ces Animaux ne peuvent être fécondés que par la semence provenant d'un autre individu. Quelquefois la fécondation est alors réciproque, et chaque individu remplit vis-à-vis de son conjoint le rôle de mâle et de femelle. C'est ce qui a lieu chez le Colimaçon, par exemple (1). Mais chez d'autres Animaux hermaphrodites, la division du travail physiologique a fait un pas de plus : l'individu qui fonctionne comme femelle ne peut pas féconder son mâle, et celui-ci, pour être fécondé, a besoin du concours d'un troisième individu. Les Mollusques gastéropodes du genre Limnée présentent ce singulier mode de reproduction, et, pendant l'acte de la fécondation, ils forment une sorte de chaîne dont chaque anneau joue le rôle de mâle avec l'un des individus adjacents, et est une femelle pour l'individu situé du côté opposé (2). Chez quelques Mollusques

complet que possible, et c'est par un mécanisme très-simple que la fécondation des œufs est effectuée dans l'organe même qui est chargé de les produire (a).

(1) L'accouplement réciproque des Colimaçons a été décrit par les naturalistes du XVII[e] siècle (b) ; je reviendrai sur ce sujet lorsque je traiterai spécialement de la génération chez les Mollusques.

(2) Le chapelet formé de la sorte par les Limnées est quelquefois très-long.

(a) Quatrefages, *Mémoire sur la Synapte de Duvernoy* (*Ann. des sciences nat.*, 2[e] série, 1842, t. XVII, p. 66 et suiv., pl. 5, fig. 1).

(b) Redi, *De Animalculis vivis quæ in corporibus Animalium vivorum reperiuntur observationes* (opusc. t. III, p. 55).

— Swammerdam, *Biblia Naturæ*, t. II, p. 807, pl. 48, fig. 1.

Animaux dioïques.

androgynes, la division du travail physiologique est portée un peu plus loin, car le même individu ne remplit pas à la fois le rôle de mâle et de femelle ; celui qui a fonctionné comme mâle n'est pas fécondable dans ce moment, et c'est plus tard qu'il fait office de femelle, soit avec l'individu auquel il s'est déjà uni d'une autre manière, soit avec un autre qui est alors pour lui un mâle seulement (1). De là à la séparation complète des sexes, il n'y a qu'un pas à faire, et chez tous les représentants les plus élevés des types inférieurs du Règne animal, de même que dans le groupe des Vertébrés presque entier (2), ce dernier perfectionnement se trouve réalisé : chaque espèce est représentée par deux sortes d'individus, un de sexe mâle, l'autre femelle.

Fécondation adventive.

Ce caractère de supériorité physiologique n'implique, du reste, aucun perfectionnement dans la portion du phénomène de la génération qui est relative à la fécondation des produits de la femelle, et, ainsi que je l'ai déjà dit, le contact des œufs et de la matière fécondante est souvent abandonné au hasard ; mais, chez les Animaux où l'utilisation des forces génératrices est plus nécessaire, la rencontre de ces éléments génériques est assurée de mieux en mieux par des rapprochements sexuels.

Un premier indice de ce genre de perfectionnement dans le travail de la reproduction nous est offert par beaucoup de Pois-

(1) C'est ce qui a lieu chez l'Ancyle fluviatile (*a*), ainsi que chez divers Mollusques Acéphales, qui sont hermaphrodites, mais dont les glandes ovigènes et spermatogènes n'arrivent pas à la période d'activité en même temps.

(2) Quelques Poissons paraissent faire exception à la règle généralement admise de la séparation des sexes dans tout l'embranchement des Vertébrés. Aristote avait signalé les Serrans comme étant probablement hermaphrodites, et récemment M. Dufossé a constaté chez un grand nombre de ces Animaux la production simultanée d'œufs et de laite riche en Spermatozoïdes (*b*).

(*a*) Moquin-Tandon, *Recherches anatomico-physiologiques sur l'Ancyle fluviatile* (*Journal de conchyliologie*, 1852, t. III, p. 344).

(*b*) Dufossé, *De l'hermaphrodisme chez certains Vertébrés* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1858, t. XV, p. 294, pl. 8).

sons et par quelques Batraciens, dont les mâles, attirés probablement par l'odeur des femelles ou des œufs que celles-ci ont déjà pondus, viennent répandre leur semence dans l'eau circonvoisine. Chez les Grenouilles et les Crapauds, la fécondation des œufs a lieu également après la ponte, mais elle est mieux assurée, car le mâle se cramponne sur le dos de la femelle, et, à mesure que celle-ci évacue au dehors ses nombreux œufs, il les arrose de sa semence. Fécondation extérieure directe.

Chez les Mollusques les plus élevés en organisation, les Céphalopodes, les sexes sont également séparés, et la fécondation a aussi lieu après la ponte, mais l'action des Spermatozoïdes sur les œufs est préparée avec plus de soin. La liqueur séminale, avant d'être expulsée au dehors par le mâle, se loge dans des réceptacles particuliers appelés *spermatophores* (1), qui servent à la transporter dans le voisinage de l'orifice destiné à livrer passage aux œufs, et qui l'y conservent à l'abri de l'action de l'eau pendant un temps plus ou moins long. La structure de ces gaînes séminifères est très-remarquable, et l'endosmose y détermine des mouvements très-singuliers qui ont pour résultat la mise en liberté des Spermatozoïdes (2). Nous reviendrons bientôt sur leur étude, et ici je me bornerai à ajouter que des réceptacles analogues se rencontrent chez quelques Crustacés, ainsi que chez certains Insectes (3) et quelques Vers (4). Spermatophores

Lorsque les fonctions de la génération se perfectionnent davantage, la fécondation n'a plus lieu après la ponte des œufs, mais dans l'intérieur du corps de la femelle. Le rap-

(1) Voyez ci-dessus, page 345.

(2) La fixation des Spermatozoaires dans le voisinage de l'orifice terminal de l'oviducte a été constatée chez le Calmar (*a*).

(3) Voyez ci-dessus, page 346.

(4) Par exemple, les *Clepsines* et les *Nephelis*, dans la famille des Hirudinées (*b*).

(*a*) Robin et Lebert, *Note sur un fait relatif au mécanisme de la fécondation du Calmar commun* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1845, t. IV, p. 95, pl. 9, fig. 5 et 6).

(*b*) Robin, *Mém. sur les spermatophores de quelques Hirudinées* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1862, t. XVII, p. 5, pl. 2).

Fécondation intérieure.

prochement sexuel est alors complet, et la liqueur séminale du mâle est introduite dans le canal que les œufs doivent traverser pour aller de l'ovaire à l'extérieur.

A cet effet, la portion terminale de l'appareil mâle est disposée de façon à pouvoir s'appliquer exactement contre l'orifice de l'appareil femelle, ou même à y pénétrer plus ou moins profondément, et ce mode de fécondation nécessite l'existence d'un organe d'intromission.

Dans sa plus grande simplicité, cet instrument ne consiste que dans la portion terminale du canal évacuateur du sperme, qui, en se gonflant ou en se renversant au dehors, devient saillant; mais lorsque l'organe copulateur se perfectionne, sa structure se complique davantage, et il est constitué par un appendice érectile dont la conformation varie suivant les Animaux.

L'appareil mâle peut être perfectionné aussi par l'adjonction de réservoirs destinés à emmagasiner la liqueur séminale jusqu'au moment où l'Animal pourra l'utiliser, ou de glandes dont les produits, en se mêlant au sperme, facilitent le bon emploi de cette matière; et, lorsque nous passerons en revue ces parties accessoires, nous verrons qu'ils sont obtenus tantôt par voie d'emprunt, tantôt au moyen de créations organiques spéciales (1).

Ainsi qu'il serait facile de le prévoir, nous trouverons toujours chez les femelles dont les mâles sont pourvus d'un appareil copulateur, un organe correspondant. Lorsque la portion terminale des voies génitales est spécialement affectée à la réception de l'organe mâle, elle constitue un canal vestibulaire appelé *vagin*, et chez les Animaux où le rapprochement sexuel ne doit pas se renouveler fréquemment, et où cependant la

(1) Les Araignées présentent sous ce rapport des particularités très-remarquables : les palpes dont la bouche est garnie présentent, chez le mâle, une structure particulière, et deviennent des organes de copulation.

production des œufs peut se continuer longtemps, on trouve souvent en connexion avec cette cavité copulatrice un réservoir destiné à loger et à conserver le sperme (1).

Perfectionnements de l'appareil femelle.

Ces perfectionnements ne sont pas les seuls que la Nature introduit dans la structure de l'appareil femelle chez les Animaux supérieurs. L'œuf, comme nous l'avons déjà vu, se compose essentiellement d'une cellule membraneuse renfermant une substance plastique et un dépôt de matière nutritive qui constituent la sphère appelée *vitellus*. L'ovaire ne produit rien de plus ; mais chez beaucoup d'Animaux, l'œuf, en descendant dans l'oviducte, acquiert des parties nouvelles qui sont sécrétées par les parois de ce canal, et qui servent à augmenter la puissance nutritive du vitellus ou à en protéger la surface. Tels sont l'albumen du blanc de l'œuf et sa coque.

Il est aussi à noter que l'œuf ainsi constitué devient le siége d'un travail embryogénique plus ou moins long à s'effectuer ; qu'en général, cette incubation se fait après la ponte, et que parfois elle nécessite encore l'intervention de la mère pour maintenir l'œuf à une température convenable au développement du jeune. C'est ainsi que la Poule est douée d'un instinct particulier qui la porte à couver ses œufs jusqu'au moment où les Poussins en sortent. Mais, chez quelques Animaux, l'éclosion de l'œuf a lieu avant la ponte, dans l'intérieur du corps de la mère, et alors l'appareil femelle est d'ordinaire pourvu d'une chambre incubatrice particulière, que l'on désigne généralement sous les noms d'*utérus* ou de *matrice*.

La division du travail physiologique effectué par la mère peut même être portée plus loin. Ainsi, chez les Animaux ovipares proprement dits, c'est le contenu de l'œuf qui répond à tous les besoins nutritifs de l'embryon ; mais, chez certains Verté-

(1) Nous verrons que, chez les Insectes, par exemple, ce réservoir séminal joue un rôle très-important.

brés, il existe un organe spécial qui est chargé de fournir au jeune un supplément de nourriture par le moyen de relations vasculaires qui s'établissent entre ses parois et le système sanguin de l'embryon. Quelques Poissons présentent cette particularité physiologique, mais c'est chez les Mammifères qu'elle acquiert le plus d'importance. Chez ces derniers Animaux, l'œuf ovarien ne contient que fort peu de matière nutritive, et c'est la chambre incubatrice, ou utérus, qui administre la plus grande partie de la substance assimilable qui est nécessaire au jeune Animal en voie de formation.

J'ajouterai que chez quelques Animaux qui ne sont pas pourvus de glandes spéciales pour la production du lait, la mère n'en nourrit pas moins ses petits à l'aide de matières sécrétées ou élaborées dans son tube digestif. Les Pigeons sont dans ce cas, et chez certains Insectes où l'on a observé des faits analogues, la division du travail physiologique est portée parfois à un plus haut degré que chez les Animaux les plus élevés du Règne animal. En effet, chez quelques Hyménoptères, il existe deux sortes d'individus femelles chargés, les uns de pondre les œufs, et par conséquent de donner naissance aux petits, les autres frappés de stérilité, mais remplissant les fonctions de nourrices et donnant aux jeunes tous les soins nécessaires à leur bien-être. Les Abeilles et les Fourmis nous offriront des exemples de cette particularité remarquable.

Enfin, chez les Mammifères, le rôle de la mère ne se termine pas à la naissance de sa progéniture, et pendant un temps plus ou moins long elle continue à nourrir ses petits à l'aide d'un aliment spécial qu'elle élabore dans un appareil particulier : le lait qu'elle emploie à cet usage est un liquide riche en matières albuminoïdes, grasses et sucrées, qui est sécrété par les glandes mammaires, et par conséquent ces derniers organes doivent être considérés comme des annexes de l'appareil de la reproduction.

§ 7. — Nous voyons donc que la Nature, tout en restant fidèle à la loi fondamentale de la filiation des êtres vivants, varie les procédés physiologiques à l'aide desquels la reproduction s'effectue, mais que dans l'immense majorité des cas le jeune Animal provient d'un œuf, et que cet œuf, pour donner naissance à l'individu nouveau, doit avoir subi l'influence de la liqueur fécondante du mâle. Jusque dans ces derniers temps, on était même fondé à croire que le développement de l'embryon dans l'intérieur d'un œuf était toujours nécessairement subordonné à l'accomplissement de cet acte. Mais divers faits dont nous devons tenir compte ici tendent à établir que cette règle n'est pas sans exception, et que chez quelques Animaux la multiplication des individus au moyen d'œufs, ou de produits génésiques très-analogues à ceux-ci, peut avoir lieu sans l'intervention d'aucun agent fécondant. Parthénogenèse

On sait depuis longtemps que certains Insectes, par exemple les Pucerons, dont nos Rosiers sont souvent infestés, se reproduisent de deux manières. A l'approche de la saison froide, les femelles pondent des œufs d'où sortent au printemps suivant de nouveaux individus ; mais ceux-ci ne pondent pas comme leurs mères et mettent bas des petits vivants. La production des œufs n'offre rien d'anormal ; car la femelle qui les engendre, et qui se distingue facilement du mâle par l'absence d'ailes et par plusieurs autres caractères, s'accouple préalablement avec un individu de ce dernier sexe, et se trouve fécondée de la manière ordinaire. Mais il n'en est pas de même pour les Pucerons vivipares. Avant l'hiver, tous les mâles, ainsi que les femelles déjà nées, périssent, et les œufs qui servent à perpétuer l'espèce d'une année à l'autre ne fournissent au printemps suivant que des individus femelles. Celles-ci ne rencontrent donc aucun mâle pour les féconder, et cependant elles ne restent pas stériles ; bientôt elles se reproduisent ; seulement, au lieu d'être ovipares, elles sont vivipares. On

voit ainsi se succéder pendant l'été plusieurs générations de Pucerons femelles, et c'est seulement en automne qu'il naît des mâles. En plaçant ces Insectes dans des conditions favorables à ce mode singulier de reproduction, on a pu obtenir plus de dix générations de femelles aptes à se multiplier sans le concours du mâle (1). On a pensé d'abord que ces Pucerons vivipares qui se reproduisent, tout en restant solitaires, pouvaient bien être des Animaux androgynes, et, à une époque où les conditions de la fécondation n'étaient pas connues, on a supposé aussi que l'action de la semence du mâle sur l'organisme d'une femelle pouvait suffire pour rendre fertile pendant un temps plus ou moins long toute la lignée d'individus du même sexe qui en descendrait. Mais la première de ces hypothèses est tombée devant l'investigation anatomique de l'appareil génital des Pucerons vivipares (2), et la seconde est en

(1) Le viviparisme des Pucerons fut constaté pour la première fois par Leuwenhoeck (*a*) ; mais la découverte de la faculté que possèdent ces Insectes de se reproduire sans le concours du mâle appartient à Bonnet. Ce naturaliste obtint de la sorte, avec le Puceron du Plantain, une série de dix générations (*b*), et bientôt après ses observations furent confirmées par les expériences de Bazin, de Trembley, de Lyonnet (*c*) et du célèbre entomologiste suédois Charles de Geer (*d*). Plus récemment, Duveau constata le même phénomène pendant une suite de onze générations (*e*), et, en élevant les Pucerons en serre chaude, Kyber a vu les femelles se succéder, en l'absence du mâle, pendant une période de quatre années (*f*).

(2) M. Léon Dufour constata que chez les Pucerons vivipares l'appareil de la génération ne se compose que des ovaires (ou gaînes ovigères) et de l'oviducte, sans que ce dernier tube soit pourvu des parties accessoires que cet anatomiste appelle des *glandes sébifiques*, et que d'autres auteurs considèrent comme une vésicule copulatrice ou un réservoir séminal (*g*). Ces résultats ont été confirmés en tout ce qu'ils ont d'essentiel, et com-

(*a*) Leuwenhoeck, *Arcana Naturæ*, p. 539.

(*b*) Bonnet, *Traité d'insectologie*, 1745, t. I.

(*c*) Voyez Réaumur, *Mém. pour servir à l'histoire des Insectes*, t. VI, p. 537 et suiv.

(*d*) De Geer, *Mém. pour servir à l'histoire des Insectes*, t. III, p. 28 et suiv.

(*e*) Duveau, *Nouvelles recherches sur l'histoire naturelle des Pucerons* (*Mém. du Muséum d'histoire naturelle*, t. XIII, p. 126).

(*f*) J. F. Kyber, *Einige Erfahrungen und Bemerkungen über Blattläuse* (Germar's *Mag. der Entomologie*, 1815, t. I, 2e partie, p. 14 et suiv.).

(*g*) L. Dufour, *Recherches anatomiques et physiologiques sur les Hémiptères*, p. 232.

désaccord avec tout ce que l'on sait touchant le mécanisme de la fécondation (1). Plus récemment, M. Owen a cherché à expliquer ce mode de multiplication en supposant qu'une portion de la substance germinative rendue viable par la fécondation n'est pas employée pour la constitution de l'embryon développé dans l'œuf, et reste simplement incluse dans le corps de celui-ci, où elle donnerait naissance à un nouvel individu qui recélerait à son tour une partie de cette espèce de provision de matière génésique, et ainsi de suite, jusqu'à épuisement de la matière plastique ainsi emmagasinée dans une série d'individus descendant les uns des autres. Mais cette nouvelle hypothèse ne satisfait pas mieux que les précédentes, et la marche bien connue des phénomènes embryogéniques ne nous permet pas de l'adopter. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons qu'enregistrer les faits physiologiques dont il vient d'être question, et les comparer à ceux qui nous sont offerts par les autres Animaux. Du reste, cette com-

plétés par les recherches entreprises plus récemment en France, en Allemagne et en Angleterre, par plusieurs auteurs (*a*). Il existe quelques différences dans le mode de développement de l'œuf proprement dit des Pucerons fécondables et du *pseudovum* ou œuf agamogénique des Pucerons vivipares ; mais ces différences ne sont pas aussi grandes qu'on l'avait d'abord supposé (*b*), et ni la constitution de ces derniers corps embryogènes, ni la structure des ovaires, ne paraissent offrir aucune particularité importante (*c*).

(1) Voyez ce qui a été dit ci-dessus touchant le mode d'action de la liqueur séminale, pages 334 et suivantes.

(*a*) Dutrochet, *Observations sur les organes de la génération des Pucerons* (*Ann. des sciences nat.*, 1833, t. XXX, p. 204, pl. 17, C).

— Ch. Morren, *Mém. sur l'émigration du Puceron du Pêcher et sur les caractères et l'anatomie de cette espèce* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. VI, p. 84 et suiv., pl. 6 et 7, A).

(*b*) Siebold, *Ueber die innern Geschlechtswerkzeuge der viviparen und oviparen Blattläuse* (Froriep's *Neue Notizen*, 1839, t. XII, p. 308).

— V. Carus, *Zur naehern kenntniss des Generationswechsels*, 1849, p. 20.

— Waldo-Burnett, *Researches on the Development of Viviparous Aphides* (Silliman's *American Journal*, 1854, t. XVII; — *Ann. of Nat. Hist.*, 2e série, 1854, t. XIV, p. 81).

(*c*) Leydig, *Einige Bemerkungen über die Entwickleung der Blattläuse* (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, 1850, t. II, p. 62, pl. 5, B).

— Huxley, *On the Agamic Reproduction and Morphology of Aphis* (*Philos. Trans.*, 1857, p. 193, pl. 36).

— J. Lubbock, *On the Ova and Pseudova of Insects* (*Philos. Trans.*, 1858, p. 341, pl. 18).

paraison suffit pour faire disparaître en partie les difficultés dont on est tout d'abord frappé. En effet, du moment que nous avons constaté que, chez les Animaux scissipares, l'activité vitale d'une petite portion de l'organisme peut suffire à la production d'un individu nouveau, nous pouvons voir sans étonnement la substance plastique qui est élaborée dans l'appareil générateur des Pucerons devenir un centre d'activité analogue. L'œuf fécond qui est formé de la sorte est assez semblable à ces espèces de bourgeons caducs, ou bulbilles, que nous avons déjà vus se détacher du corps de divers Animaux inférieurs, et devenir ensuite le siége d'un travail organisateur dont résulte un individu nouveau.

Ces phénomènes de parthénogénésie, ou reproduction par des femelles vierges, ne se rencontrent pas seulement chez les Pucerons et d'autres Insectes de la famille des Aphides. Il est au moins très-probable que divers Lépidoptères, particulièrement les Psychés, sont susceptibles de se multiplier de la même manière (1), et les observations faites depuis quelques

(1) Réaumur fut le premier à entrevoir le phénomène de la parthénogénésie chez les petits Lépidoptères connus aujourd'hui sous le nom de *Psychés*, mais il hésita à y croire (*a*). Des observations analogues furent publiées ensuite par Schiffermüller, Pallas et plusieurs autres naturalistes (*b*), mais elles n'avaient pas le caractère de précision nécessaire pour inspirer grande confiance, car l'existence d'individus des deux sexes avait été constatée plus d'une fois (*c*), et elles furent révoquées en doute par la plupart des entomologistes de l'époque actuelle (*d*), jusqu'au moment où M. Siebold eut fait à ce sujet des expériences concluantes. S'étant pro-

(*a*) Réaumur, *Mém. pour servir à l'histoire des Insectes*, 1737, t. III, p. 152.

(*b*) Schiffermüller, *Systematisches Verzeichniss der Schmetterlinge der Wienergegend*, 1776.

— Pallas, *Observatio Phalænarum biga quarum alterius femina artubus prorsus destituta, nudaque, vermiformis, alterius glabra quidem et impennis, attamen pedata est, utrinque vero, sine habito cum masculis commercio, fœcunda ova parit* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1767, t. III, p. 430).

(*c*) De Geer, *Mém. pour servir à l'histoire naturelle des Insectes*, t. II, p. 379.

(*d*) Siebold, *Ueber die Fortpflanzung von Psyche* (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, 1849, t. I, p. 93).

— Lacordaire, *Introduction à l'entomologie*, t. II, p. 384.

— Bruand, *Essai monographique sur la tribu des Psychides* (*Société d'émulation du Doubs*, 1852

années sur les Abeilles tendent à faire penser que si le concours du mâle est toujours nécessaire pour que l'Abeille reine produise d'autres femelles ou des Abeilles ouvrières, la fécondation ne serait pas également indispensable pour la ponte

curé un grand nombre de cocons du *Talæporia* (ou *Solenobia lichenella*) et du *T. triquetrella*, il vit qu'il n'en sortit que des femelles, et que celles-ci, renfermées sous une cloche, ne tardèrent pas à pondre des œufs dont sortit une nouvelle génération de ces petits Lépidoptères. M. Siebold obtint ensuite des résultats analogues en expérimentant sur le *Psyche helix*, dont on ne connaît encore que des individus femelles (*a*).

Les Psychés ne sont pas les seuls Lépidoptères chez lesquels des phénomènes de *lucinia sine concubitu* aient été signalés ; des faits de cet ordre ont été mentionnés par Albrecht chez un Papillon (*b*) ; par Bernoulli, chez le *Bombyx* (ou *Gastropacha*) *potatoria* et l'*Episema cæruleocephala* (*c*) ; par Suckow, chez le *Gastrophaga Pini* (*d*) ; par Treviranus, chez le *Sphinx Ligustri* (*e*) ; par M. Nordmann (*f*), par M. Brown, par M. Tardy et par plusieurs autres entomologistes (*g*), chez le *Smerinthus Populi* ; par M. Lecoq, chez l'*Arctia ciaja* (*h*) ; par M. Carlier, chez le *Liparis dispar* (*i*) ; par M. Curtis, chez le *Bombyx Polyphemus* (*j*) ; par M. Lacordaire, chez le *Bombyx Quercus* (*k*) ; et par M. Thom, chez le *Nematus Ribesii* (*l*). Plusieurs naturalistes assurent avoir observé des faits analogues chez le Bombyx du Mûrier (*m*) ; mais si la parthénogénésie

(*a*) Siebold, *Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen*. Leipzig, 1856. — *Recherches sur la parthénogenèse chez les Lépidoptères et les Abeilles* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1856, t. VI, p. 195).

(*b*) Albrecht, *De Insectorum ovis sine prævia maris cum femella conjunctione fæcundis* (*Ephem. nat. curios.*, 1790, dec. 3, ann. IX p. 26,).

(*c*) Bernoulli, *Observatio de quorumdam Lepidopterum facultate ova sine progresso coitu fœcunda excludendi* (*Mém. de Berlin*, 1772, p. 44 ; — *Miscell. Acad. nat. curios.*, an IX et X, dec. 3, obs. 11, p. 26).

(*d*) Suckow, *Geschlechtsorgane der Insecten* (Heusinger's *Zeitschrift für die org. Phys.*, 1828, t. II, p. 263).

(*e*) Treviranus, *Vermisch. te Schriften.*, t. IV, p. 106).

(*f*) Voyez Burmeister, *Handbuch der Entomologie*, t. I, p. 337.

(*g*) Brown, *A List of crepuscular Lepidopterous Insects*, 1835 (*Mag. of Nat. Hist.*, t. VIII, p. 557).

— Kipp, *Bienenzeitung*, 1853, p. 752.

— Newmann, Slawell et Robinson : voy. Lubbock, *On Reproduction in Daphnia* (*Philos. Trans.*, 1857, p. 96).

(*h*) Lecoq, *De la génération alternante, etc.* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1856, t. XLIII, p. 1069).

(*i*) Voyez Lacordaire, *Introduction à l'entomologie*, t. II, p. 383.

(*j*) Voyez De Filippi, *Sur la génération d'un Hyménoptère* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1851, t. XV, p. 297).

(*k*) Lacordaire, *Introduction à l'entomologie*, t. II, p. 383.

(*l*) Thom, *On the Gooseberry Caterpillars and the Application of heat for their Destruction* (*Gardener's Magazine*, t. VII, p. 196.

(*m*) Siebold, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat*, 4e série, 1856, t. VI, p. 206).

d'œufs dont naîtraient des mâles (1). Enfin, on connaît aussi plusieurs Crustacés qui semblent faire exception à la règle ordinaire, touchant l'union nécessaire des produits du mâle et de la femelle comme prélude du travail embryogénique dans

existe parfois chez ces Insectes, c'est certainement un cas exceptionnel.

Il est probable que les Cynips femelles sont susceptibles de se reproduire de la même manière, car les entomologistes ont cherché en vain à découvrir des individus mâles de plusieurs espèces de ce groupe (*a*), et M. Léon Dufour a vu que les femelles, au moment de leur sortie de la galle où elles sont nées, ont déjà dans leur intérieur des œufs bien développés (*b*).

(1) Des observations qui tendaient à prouver que l'Abeille peut se reproduire sans le concours du mâle avaient été faites depuis longtemps par plusieurs observateurs (*c*); mais, à la suite des belles recherches de Huber sur la fécondation de cet Insecte (*d*), on n'y attacha que peu d'importance jusqu'au moment où un agriculteur allemand, M. Dzierzon, curé à Carlsmark, en Silésie, vint donner à des faits du même ordre un grand intérêt.

On savait par les observations de Huber que l'accouplement des Abeilles ne peut s'effectuer que pendant le vol, et que si le rapprochement sexuel n'a pas lieu avant le vingt et unième jour après que la jeune Reine est sortie de sa cellule, celle-ci ne devient pas apte à produire des œufs d'ouvrières ou des œufs royaux, et ne pond que des œufs dont naissent des mâles. Or, M. Dzierzon annonça que les Reines retenues captives et placées ainsi dans l'impossibilité de recevoir le mâle, pondent des œufs de ce dernier genre, et que dans les circonstances ordinaires les œufs donnant des femelles ou des ouvrières sont les seuls qui subissent l'action de la liqueur séminale déposée dans la vésicule copulatrice au moment du coït (*e*). Cette opinion a été confirmée par les observations de plusieurs des naturalistes les plus éminents de l'Allemagne, tels que M. Siebold et M. Leuckart (*f*). Elle s'appuie principalement sur les faits suivants.

Lorsque la Reine, par suite d'un vice de conformation des ailes, ne

(*a*) Hartig, *Zweiter Nachtr. zur Naturgesch. der Gallenvespen* (Germar's *Zeitschr. für Entom.*, 1813, t. IV, p. 597).

(*b*) Léon Dufour, *Recherches sur les Orthoptères, etc.*, p. 263 (extrait des *Mémoires des Savants étrangers*, t. VII, 1841).

(*c*) Voyez Westwood, *Introduction to the modern Classification of Insects*, 1840, t. II, p. 384. Hallorf, *Recherches sur cette question : La Reine Abeille doit-elle être fécondée par les faux Bourdons ?* (Voy. Schirack, *Histoire nat. des Abeilles* (Trad. par Blassière, 1771).

(*d*) F. Huber, *Nouvelles observations sur les Abeilles*, 1814, t. I, p. 91 et suiv.

(*e*) Dzierzon, *Theorie und Praxis des Neuen Bienenfreundes*, 1849. — *Nachtrages zur Theorie und Praxis*, 1852.

(*f*) Siebold, *Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen*, 1856. — *Recherches sur la Parthénogénésie* (Ann. des sciences nat., 4e série, 1856, t. VI, p. 176 et suiv.).

— Leuckart, *Zur Kenntniss des Generationswechsels und der Parthenogenesis bei den Insekten*, 1858.

l'intérieur d'un œuf. Les Daphnies qui habitent nos eaux douces sont dans ce cas (1).

Dans l'état actuel de nos connaissances, il serait difficile de bien apprécier la valeur de tous ces faits exceptionnels. Faut-il penser que les œufs produits par parthénogenèse sont assimilables à ces bulbilles reproducteurs dont il a été question dans

peut pas quitter la ruche, et par conséquent ne peut pas s'accoupler avec le mâle, elle pond des œufs dont naissent des mâles seulement. Dans une expérience faite par M. Berlepsch, une jeune Reine retenue captive dans sa ruche depuis le moment de sa naissance, donna, au bout de quelques mois, une couvée abondante de mâles, mais ne produisit ni des ouvrières ni des femelles. Une autre Abeille reine qui avait donné jusqu'alors des œufs de diverses sortes dans la proportion ordinaire, ayant été blessée à la partie postérieure de l'abdomen, là où se trouve le réservoir séminal, continua à pondre, mais ne donna plus que des mâles. M. Leuckart examina avec beaucoup de soin les œufs pondus par les Abeilles reines dans les circonstances ordinaires, afin de voir s'ils offriraient quelques différences en rapport avec le phénomène de la fécondation : dans quelques cas, il parvint à découvrir des Spermatozoïdes près du micropyle sur des œufs destinés à donner naissance à des ouvrières, mais jamais il n'en trouva aucune trace sur les œufs mâles. Enfin, M. Siebold examina au microscope le contenu de ces deux sortes d'œufs : sur 52 œufs femelles, 30 lui montrèrent des Spermatozoïdes, et les 20 autres furent abîmés par les mouvements nécessaires pour des investigations de ce genre ; d'autre part, 27 œufs retirés des alvéoles préparés pour les mâles furent examinés avec les mêmes soins, et dans aucun on ne trouva des traces de l'existence de Spermatozoïdes.

(1) Les Daphnies femelles sont beaucoup plus nombreuses que les mâles, et, dans la plupart des cas, se reproduisent sans s'être accouplées avec ceux-ci. Ce fait, observé par Schæffer vers le milieu du siècle dernier (*a*), a été constaté expérimentalement par plusieurs naturalistes (*b*). En opérant sur des femelles séquestrées dès leur naissance, on a pu obtenir jusqu'à six générations parthénogénésiques.

(*a*) Schæffer, *Die grünen Armpolypen, die geschwänzten und ungeschwänzten zackigen Wasserflöhe, etc.*, 1775.

(*b*) Jurine, *Histoire des Monades*, 1820, p. 100.

— Straus, *Mém. sur les Daphnies*, p. 44 (extrait des *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, t. V).

— Baird, *Nat. Hist. of British Entomostraca* (*Mag. of Zool. and Botany*, t. II, p. 406).

— Lubbock, *Account of the two Modes of Reproduction in Daphnia* (*Philos. Trans.*, 1857, p. 79).

— Smith, *Sur les Ephippies des Daphnies*, p. 13 (extrait des *Nova Acta Soc. scient.*, Upsal, 1859, 3e série, t. III).

une Leçon précédente? ou faut-il supposer que dans les cas de cet ordre, la matière fécondante, qui d'ordinaire semble être portée dans l'œuf par les Spermatozoïdes, y est introduite par l'organisme de la femelle sans avoir revêtu la forme de ces corpuscules fertilisateurs? On pourrait faire encore d'autres hypothèses à ce sujet; mais, en se livrant à de pareilles spéculations de l'esprit, on n'avancerait pas la question, et il me paraît préférable d'avouer franchement notre ignorance, ne fût-ce que pour provoquer des investigations nouvelles.

Résumé. § 8. — En résumé, nous voyons donc :

1° Que tout être animé est produit par un être vivant de son espèce.

2° Que tantôt il y a continuité de substance entre l'individu souche et l'individu nouveau, tandis que d'autres fois le germe de ce dernier naît en contiguïté avec le tissu vivant de l'organisme dont il dérive, sans être jamais en continuité avec lui.

3° Que la génération par continuité s'effectue de trois manières : par scissiparité ou par gemmiparité, ou par la production de bulbilles.

4° Que la génération par contiguïté a lieu au moyen d'œufs qui tantôt sont aptes à produire un individu nouveau sans rien recevoir du dehors, mais qui d'ordinaire restent stériles jusqu'à ce qu'ils aient subi l'action d'une matière fécondante particulière contenant des corpuscules organisés dits spermatiques; ou, en d'autres mots, que ce mode de reproduction a lieu de deux manières : tantôt par l'activité propre d'individus agames ou par parthénogenèse; d'autres fois par le concours fonctionnel de deux agents sexuels différents.

5° Que la procréation sexuelle peut s'effectuer de trois manières : au moyen d'un seul individu androgyne, c'est-à-dire pourvu des deux sortes d'organes sexuels, les uns mâles, les autres femelles; au moyen de l'action combinée de deux individus homœomorphes, qui sont hermaphrodites comme le pré-

cédent, mais dont l'hermaphrodisme est relatif et non absolu; enfin au moyen de deux individus dioïques, c'est-à-dire chez lesquels les organes mâles et femelles ne coexistent pas dans le corps du même Animal et appartiennent à deux individus de sexes différents.

6° Que la production des œufs et des corpuscules spermatiques peut être diffuse, mais que dans l'immense majorité des cas elle est localisée dans des glandes particulières dont l'une, appelée *ovaire*, est l'organe femelle essentiel, et l'autre, nommée *testicule*, est l'organe mâle.

7° Que dans l'un et l'autre de ces organes il se forme des cellules ou utricules libres et vivantes, dans l'intérieur desquelles se développent les substances embryogéniques, savoir, d'une part, les corpuscules spermatiques, d'autre part la matière germinative.

8° Que d'ordinaire les corpuscules spermatiques affectent la forme d'Animalcules et sont doués de la faculté d'exécuter des mouvements spontanés.

9° Que ces Spermatozoïdes, pour féconder le germe contenu dans l'œuf, doivent arriver en contact avec celui-ci à l'état vivant, et pénétrer plus ou moins profondément dans son intérieur.

10° Que l'œuf ainsi fécondé peut être un appareil embryogénique complet, c'est-à-dire contenant tout ce qui est nécessaire au développement de l'individu nouveau jusqu'au moment où celui-ci est devenu apte à vivre dans le monde extérieur; ou bien un appareil embryogénique incomplet, qui doit recevoir de l'organisme souche de nouvelles provisions de matières assimilables à mesure que le développement du jeune s'effectue dans sa cavité.

Pour terminer cette esquisse rapide du mode de multiplication des êtres vivants dans l'ensemble du Règne animal, il me paraît nécessaire d'étudier maintenant les caractères généraux du travail embryogénique qui s'effectue dans l'intérieur

de l'œuf. Ce sera le sujet de la prochaine Leçon ; mais les notions sommaires que je présente ici ne sauraient nous suffire, et il nous faudra examiner d'une manière plus approfondie l'histoire anatomique et physiologique de l'appareil reproducteur dans chacun des principaux groupes zoologiques. Nous nous occuperons de ces études particulières dès que nous aurons passé en revue les faits dont la connaissance pourra compléter les idées générales que nous devons avoir du grand phénomène de la génération.

SOIXANTE-QUATORZIÈME LEÇON.

Suite des notions préliminaires sur la reproduction des Animaux. — Caractère général du travail embryogénique. — Fractionnement du germe. — Développement du Métozoaire et du Typozoaire; phénomènes des générations alternantes. — Analogie de ces phénomènes avec ceux que l'on observe au début du travail embryogénique chez les Animaux supérieurs. — Distinction à établir entre les divers termes de la série des êtres qui naissent successivement les uns des autres; Protoblastes, Métozoaires et Typozoaires. — Diversification des matériaux organiques; mode de formation et classification des tissus.

Mode de formation de l'organisme des Animaux

§ 1. — Jadis beaucoup de physiologistes pensaient que dès son origine le jeune Animal en voie de développement dans le sein de sa mère, ou dans l'intérieur d'un œuf déjà expulsé au dehors de l'organisme de celle-ci, présente en miniature, et avec des teintes plus ou moins faibles, l'image exacte de ce qu'il sera par la suite; qu'il possède déjà toutes les parties qu'il aura plus tard, et que par les progrès du travail embryogénique, ces parties ne font que grandir et se dessiner plus nettement. Cette opinion, que dans l'ancien langage des Écoles on appelait le *système de l'évolution*, devait être adoptée par les naturalistes spéculatifs qui admettaient l'hypothèse de la préexistence et de l'emboitement des germes (1); mais elle ne

(1) Les observations incomplètes de Swammerdam sur les métamorphoses des Insectes furent considérées par quelques physiologistes du siècle dernier comme probantes, en faveur de l'hypothèse de l'évolution. Effectivement, cet anatomiste, en disséquant quelques-uns de ces animaux, avait aperçu sous la peau de la nymphe tous les organes dont l'Insecte parfait devait être pourvu, et il pensa que chez la larve, dès l'origine de celle-ci, il devait en être de même (*a*); mais il n'en est pas ainsi. Haller fut un des partisans les plus célèbres du système de l'évolution (*b*).

(*a*) Swammerdam, *Biblia Naturæ*, t. I, cap. II, etc.
(*b*) Haller, *Elementa physiologiæ*, t. VIII, p. 150 et suiv.

pouvait satisfaire les observateurs qui étudiaient d'une manière approfondie les phénomènes embryogéniques ; et dès que les physiologistes eurent commencé à s'occuper sérieusement d'observations de ce genre, ils furent conduits à considérer la formation du jeune Animal comme le résultat d'une sorte de construction progressive au moyen de laquelle son organisme s'enrichissait successivement de parties nouvelles ajoutées à celles précédemment constituées. On a appelé *épigénèse* ce mode de développement de l'embryon. Harvey, dont le nom est célèbre à plus d'un titre (1), fut un des premiers à nous montrer que le travail embryogénique présente ce caractère (2). Wolff, dont les recherches ont une grande valeur, mit ce fait encore mieux en lumière (3), et tous les travaux de même ordre dont la science a été enrichie depuis un demi-siècle sont venus en fournir de nouvelles preuves. L'hypothèse de l'évolution est donc irrévocablement abandonnée aujourd'hui, et le système de l'épigenèse est considéré par tous les physiologistes comme étant l'expression de la vérité.

En effet, au début du travail embryogénique, il n'existe dans l'intérieur de l'œuf rien qui ait la moindre ressemblance avec le jeune Animal qui va se former, et bien que l'introduction des Spermatozoïdes dans la sphère vitelline ait pu être constatée, toute trace de l'existence de ces corpuscules dans l'intérieur de

(1) Voyez tome III, page 22.

(2) Le traité sur la génération publié par Harvey en 1631 contient un grand nombre d'observations importantes (*a*), mais est loin de valoir l'opuscule de ce grand physiologiste sur la circulation du sang.

(3) Gaspard Wolff naquit à Berlin en 1735, et soutint en 1759, à Hall, une thèse très-remarquable sur la génération (*b*). Quelques années après, il alla se fixer à Saint-Pétersbourg, et ce fut dans les mémoires de l'Académie de cette ville qu'il publia la plupart de ses travaux sur le développement de l'embryon.

(*a*) Harvey, *De generatione Animalium*, p. 652.

(*b*) Wolff, *Dissert. inaug. sistens theoriam generationis*, 1759. — *Editio nova aucta et emendata*, 1774.

l'œuf ne tarde pas à disparaître. Quelques physiologistes avaient supposé que le Spermatozoïde n'était autre chose que le rudiment du nouvel individu, ou tout au moins une partie essentielle de l'organisme de celui-ci, par exemple son axe cérébro-spinal; mais ces opinions ne sont pas fondées, et c'est en majeure partie, sinon uniquement, aux dépens de la matière plastique du vitellus que l'embryon se constitue (1).

État primitif de l'Animal naissant.

§ 2. — Pour bien saisir l'enchaînement des faits dont l'étude nous occupe en ce moment, et pour ne pas nous laisser distraire de la recherche du caractère général des phénomènes zoogéniques par la diversité des formes que ces phénomènes peuvent affecter, il me paraît utile de présenter ici quelques considérations qui, au premier abord, pourraient sembler un peu abstraites, mais qui trouveront bientôt leur application et

(1) Il me semblerait inutile d'exposer ici les idées des anciens naturalistes relatives au rôle de la liqueur séminale dans la reproduction; le nom donné à cette matière indique assez qu'on la considérait comme agissant à la manière des semences végétales qui, déposées dans un terrain convenable, germent et se développent. Hippocrate avait supposé que la procréation était due à l'union de ce fluide avec un prétendu liquide séminal qui aurait été fourni par la femelle, et qui, de même que la première serait venu de toutes les parties du corps (*a*). Aristote combattit cette hypothèse, et regarda la semence du mâle comme étant le seul agent prolifique, et comme devant être nourri en quelque sorte par la matière des menstrues de la femelle ou par quelque chose d'analogue (*b*). Après la découverte des spermatozoïdes, beaucoup de physiologistes supposèrent que ces corpuscules étaient des germes, et que l'embryon n'était autre chose que l'un d'eux, développé par l'effet de son séjour dans l'œuf (*c*). Quelques autres publièrent même à ce sujet de singuliers romans. Enfin, de nos jours, quelques auteurs ont pensé que les spermatozoïdes pouvaient bien être le rudiment du système nerveux cérébro-spinal du futur animal (*d*). Mais aujourd'hui toutes ces idées sont abandonnées, et l'on est d'accord pour regarder ces corpuscules comme des agents fécondateurs dont l'existence ne se prolonge pas après que la fécondation a été opérée.

(*a*) Hippocrate, *De la génération* (*Œuvres*, trad. par Littré, t. VII, p. 471 et suiv.).

(*b*) Aristote, *De generatione Animalium*, lib. I, cap. 17 et suiv.

(*c*) Voyez Haller, *Elementa physiologiæ*, t. VIII, lib. XXIX, sect. 2.

(*d*) Dumas, article GÉNÉRATION du *Dictionnaire classique d'histoire naturelle*, 1825, t. VII, p. 221, etc.

qui nous serviront de guide dans l'examen de plus d'une question particulière.

D'après tout ce que nous avons vu déjà, touchant la formation et le développement de l'œuf, il me paraît évident que ce corps, dès le premier moment de son existence, c'est-à-dire lorsqu'il ne consiste encore qu'en une simple vésicule dite germinative, doit être considéré comme un être vivant, comme un nouvel Animal dont le corps est doué de la faculté de se développer suivant certaines règles et de se perfectionner plus ou moins, en s'enrichissant de parties nouvelles et en donnant naissance à des produits vivants, qui à leur tour s'organiseront de façon à constituer un nouvel individu. L'être primordial que, pour la faculté de l'exposition, j'appellerai le *Protoblaste*, termine là son rôle biologique, puis il meurt et disparaît; mais l'être qu'il a créé continue à vivre et à se développer, soit en vertu des seules forces dont il est animé, soit avec l'aide d'un agent complémentaire fourni par la liqueur fécondante du mâle. En se développant, il subit des changements considérables, et arrivé à une certaine période de son existence, il produit par une sorte de bourgeonnement local un nouveau corps organisé et vivant, qui, en se développant à son tour, deviendra un embryon, puis un Animal semblable à celui dont provenait le blastogène dont il descend.

Produits du travail zoogénique. En m'excusant de ces néologismes, j'appellerai *Métazoaire* l'individu intermédiaire qui est né du Protoblaste, et qui sera la souche dont naîtra l'individu que je désignerai sous le nom de *Typozoaire*, parce qu'il est destiné à réaliser la forme définitive de sa race, celle sous laquelle une nouvelle génération de Protoblastes pourra être produite.

Les physiologistes qui s'occupent seulement de l'étude des Animaux supérieurs, négligent trop les anneaux intermédiaires entre la mère et l'embryon, et ne considèrent en général le Métazoaire que comme une partie de ce dernier en voie de formation.

Mais lorsqu'on tient compte de ce qui se passe dans d'autres groupes zoologiques, et lorsqu'on veut embrasser d'un seul coup d'œil l'ensemble des phénomènes génésiques dans le Règne animal tout entier, les distinctions que je viens d'établir ne doivent pas être perdues de vue, parce que dans beaucoup de cas le rôle physiologique du Métazoaire, ou même celui du Protoblaste, s'agrandit beaucoup et offre un grand intérêt. Je dirai même que c'est faute d'avoir bien saisi les analogies qui existent entre ces différentes périodes de l'histoire génésique des Animaux supérieurs et les singuliers phénomènes désignés communément sous le nom de *générations alternantes*, ou de *généagenèse* (1), que ceux-ci ont semblé être des anomalies.

En effet, chacun des trois individus qui représentent, comme nous venons de le voir, une seule et même espèce zoologique, le Protoblaste, le Métazoaire et le Typozoaire, est un être qui vit et qui procrée. Mais la faculté procréatrice dont ils sont doués n'a pas toujours le même caractère. Tantôt le Protoblaste ne peut donner naissance qu'à un Métazoaire, et celui-ci ne peut produire qu'un Typozoaire, qui à son tour ne peut engendrer que des Protoblastes; mais, dans d'autres cas, les produits de l'activité générique du Métazoaire et même du Protoblaste peuvent être homœomorphes aussi bien qu'hétéromorphes, c'est-à-dire ressembler à l'être dont ils proviennent ou en différer : le Protoblaste peut alors se multiplier et fournir une génération nouvelle de jeunes Protoblastes, qui à leur tour donneront des Métazoaires. Quelquefois aussi le Métazoaire se développe davantage, et devient apte non-seulement à vivre dans le monde extérieur, comme le font les Animaux ordinaires, mais

(1) M. de Quatrefages a proposé l'emploi de cette expression pour désigner les changements qui se manifestent dans les divers termes d'une série d'êtres descendus les uns des autres (a).

(a) Quatrefages, *Métamorphoses de l'Homme et des Animaux*, 1862, p. 16.

aussi à reproduire de nouveaux individus faits à son image, lesquels à leur tour, donnent naissance à des Typozoaires, ou individus semblables à ceux dont sont sortis les premiers Protoblastes.

Génération homœomorphique chez le Protoblaste.

Comme exemple de cette génération homœomorphique effectuée par les Protoblastes, je citerai ce qui a lieu chez certains Vers de la famille des Filaires dont j'ai déjà eu l'occasion de mentionner les migrations : le *Mermis albicans*, dont le mode de reproduction a été étudié avec beaucoup de soin par M. Meissner. L'appareil femelle de ces Animaux se compose d'un long tube, dans la partie la plus reculée duquel naissent des Protoblastes qui consistent chacun en une cellule renfermant un nucléus et un nucléole. Par les progrès du développement de cette vésicule, son noyau se dédouble; puis chacune des moitiés de ce corps se partage de la même manière, et par les progrès ultérieurs de cette scissiparité, le nombre des noyaux s'élèvera ensuite à huit ou à seize. Les noyaux ainsi produits sont des vésicules germinatives ou protoblastes destinés à devenir le centre d'autant d'œufs; ils s'accolent à la face interne des parois de la cellule primitive, et les poussent en dehors de façon à s'en revêtir et à déterminer la formation d'autant d'ampoules, qui deviennent bientôt des sacs ou des cellules secondaires pédonculées dont la base s'étrangle de plus en plus. La vésicule primitive, ainsi entourée de toute une progéniture de nouvelles vésicules réunies en grappe, descend ensuite dans une seconde portion du tube génital, et là élabore dans son intérieur la substance vitelline, qui, passant par les pédoncules creux dont je viens de parler, pénètre dans les cellules secondaires, s'agglomère autour des noyaux de chacune d'elles, et constitue le vitellus de ces œufs dont la tunique vitelline semble n'être autre chose que la portion de la membrane pariétale de la cellule primitive devenue piriforme. Ainsi que je l'ai déjà dit, ces œufs sont d'abord réunis en grappe autour de la portion persistante de la vésicule primitive, qui s'allonge ensuite de façon à former

une sorte de tige ou d'axe ovigère. Enfin, les œufs qui sont appendus autour de ce rachis, comme l'appelle M. Meissner, s'en détachent; leur pédoncule reste encore ouvert pendant quelque temps, et constitue le micropyle dont il a déjà été question; enfin la sphère vitelline s'entoure d'albumine, et après que la fécondation a eu lieu, le travail embryogénique commence (1).

Voilà donc un corps vivant qui se multiplie lorsqu'il n'est encore qu'à l'état d'utricule, et qui produit toute une génération de Protoblastes dont la forme ne diffère pas de celle des œufs ordinaires. C'est en quelque sorte un œuf qui engendre d'autres œufs dont les produits seront des êtres d'une tout autre forme; et, s'il était permis d'appliquer à ces phénomènes les noms employés pour désigner la succession des Animaux supérieurs qui sont procréés les uns par les autres, on pourrait dire que le Protoblaste né du *Mermis* est la mère des Protoblastes qui sortent du corps de ces Vers à l'état d'œufs, et que ces derniers sont les arrière-enfants de l'Animal souche.

§ 3. — Du reste, que le Protoblaste soit le produit d'un corps reproducteur semblable à lui, c'est-à-dire d'une cellule vivante, d'une vésicule germinative, ou qu'il naisse directement de l'Animal propagateur, son rôle physiologique est de courte durée; car lorsque l'œuf dont il constitue la partie fondamentale est arrivé à maturité, il se détruit, et disparaît après avoir transmis la puissance vitale aux rudiments d'un nouvel être : le Métazoaire dont il détermine la formation. Celui-ci, pour se développer et devenir apte à produire un Typozoaire, a d'ordinaire besoin de subir l'influence excitante des Sperma-

Génération hétéromorphique chez le Protoblaste

(1) Le travail de M. Meissner sur le développement des *Mermis* a une très-grande importance pour la physiologie générale, et contient des observations fort intéressantes sur la formation des cellules spermatiques ou œufs mâles, aussi bien que sur la production des œufs de la femelle (*a*).

(*a*) G. Meissner, *Beiträge zur Anatomie und Physiologie von* Mermis albicans (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 1853, t. V, p. 207).

tozoïdes. Mais, ainsi que nous l'avons déjà vu dans la dernière Leçon (1), la fécondation n'est pas toujours nécessaire, et, en général, même, le germe immédiat de ce nouvel être est reconnaissable avant que cet acte ait eu lieu. Ainsi la cicatricule, ou tache blanchâtre qui se voit à la surface du vitellus de l'œuf de la Poule, est le Métazoaire naissant, et ce germe est parfaitement distinct avant l'imprégnation; on l'aperçoit aussi dans les œufs qui restent stériles, aussi bien que dans ceux qui ont été fertilisés par le contact du sperme.

Nous ne savons rien de positif relativement à la manière dont la vésicule germinative, ou Protoblaste, détermine la formation du germe et de ses dépendances, c'est-à-dire des matériaux primitifs du Métazoaire; mais nous devons supposer que ceux-ci sont des produits directs ou indirects de son action physiologique, puisque dans les premiers temps de son existence ce corps constitue à lui seul la totalité du nouvel être en voie de développement. Il est aussi à noter que c'est toujours autour de la vésicule germinative que la substance blastogénique semble s'organiser et s'accumuler. Ainsi, dans l'œuf des Oiseaux, cette vésicule occupe d'abord le centre du globe vitellin et se retrouve plus tard au milieu de la cicatricule (2).

Nous sommes dans une ignorance non moins grande au sujet de la cause qui détermine la disparition de la vésicule germinative. Quelques physiologistes avaient pensé que ce phénomène était dû à l'influence de la liqueur fécondante; mais

(1) Voyez ci-dessus, page 375.

(2) J'ajouterai que, d'après les observations de M. Lereboullet sur l'œuf de l'Écrevisse, la vésicule germinative paraît être le siége d'une production ou sécrétion remarquable des matières grasses, qui sont ensuite mises en liberté par la destruction des parois de cette cellule primitive (a). Or, les matières grasses semblent jouer un rôle considérable dans les phénomènes du fractionnement du vitellus et dans la formation des cellules histogéniques.

(a) Lereboullet, *Recherches d'embryologie comparée sur le développement du Brochet, de la Perche et de l'Écrevisse*, p. 217.

cela n'est pas admissible, car il a été souvent facile de constater que longtemps avant l'imprégnation de l'œuf, la vésicule en question avait cessé d'exister (1).

La disparition de cette cellule primordiale ne peut être considérée que comme une conséquence de sa mort naturelle; c'est le terme normal de l'existence d'un être vivant dont le rôle biologique est terminé, et en général ce phénomène semble caractériser la période de maturité de l'œuf (2).

Formation du Métazoaire.

§ 4. — La matière d'apparence grumeleuse et gluante qui constitue le germe, et qui, en se développant, va former le Métazoaire, ne reste pas inactive, et subit des changements qui trahissent bientôt le travail organisateur dont elle est le siége. Ces phénomènes se passent d'abord dans l'intérieur de chacun des nucléoles de la substance vitelline, qui semblent être autant d'organites doués d'une vitalité propre. Puis, le globe vitellin,

(1) La disparition de la vésicule germinative dans les œufs non fécondés a été constatée, non-seulement chez les Animaux où l'action du mâle ne s'exerce que postérieurement à la ponte, les Batraciens, la plupart des Poissons osseux et divers Annélides, par exemple; mais aussi chez des femelles d'Oiseaux que l'on avait retenues séparées des mâles. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux observations de MM. Baer, Coste, Jones, Bischoff, de Quatrefages, Ch. Robin et Lereboullet (*a*). La disparition de la vésicule germinative avant la fécondation de l'œuf a été constatée aussi dans l'espèce humaine (*b*).

(2) Chez les Poissons, la disparition de la vésicule germinative peut avoir lieu très-longtemps avant que l'œuf ait atteint sa maturité et ses dimensions ordinaires (*c*).

(*a*) Baer, *De ovi Mammalium et Hominis genesi epistola*, 1827, p. 28.
— Coste, *Histoire du développement des corps organisés*, t. I, p. 147.
— Wharton Jones, *On the first changes in the Ova of Mammifera in consequences of impregnation* (*Philos. Trans.*, 1837, p. 339).
— Bischoff, *Traité du développement de l'Homme et des Mammifères*, p. 49.
— Quatrefages, *Études embryogéniques* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1848, t. X, p. 173).
— Ch. Robin, *Mémoire sur les phénomènes qui se passent dans l'ovule avant la segmentation du vitellus* (*Journal de physiologie*, 1862, t. V, p. 67).
— Lereboullet, *Recherches d'embryologie comparée sur le Brochet, etc.*, p. 9.

(*b*) Lebert et Ch. Robin, *Note sur l'empêchement de la chute de l'œuf par des fausses membranes qui recouvrent l'ovaire, et sur la disparition de la vésicule germinative* (*Gazette médicale*, 1852, p. 776).

(*c*) Lereboullet, *Recherches d'embryologie comparée sur le développement du Brochet, de la Perche et de l'Écrevisse*, 1862, p. 9 (extrait des *Mémoires de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.*, t. XVII).

considéré dans son ensemble, donne d'autres signes d'activité (1). Il se resserre (2), et souvent on le voit se déformer lentement, à la manière des substances sarcodiques (3). Parfois aussi on y aperçoit un mouvement de rotation fort analogue à celui qui se

(1) La plupart des physiologistes qui avaient observé ces changements dans la sphère vitelline des œufs non fécondés les avaient considérés comme le résultat d'un commencement de désorganisation. Mais M. de Quatrefages, en étudiant le développement des Hermelles, a constaté qu'ils se produisent quand l'œuf est encore vivant et susceptible d'être fécondé. Ce naturaliste assimile tout à fait ces mouvements de la matière plastique de la sphère vitelline à ceux qui déterminent le fractionnement, et qui d'ordinaire ne se manifestent que consécutivement à la fécondation ; mais, chez les Hermelles, ce phénomène s'arrête bientôt quand la fécondation n'est pas opérée (*a*).

(2) Ce phénomène de rétraction a été observé chez les Mammifères (*b*) aussi bien que chez divers Animaux inférieurs (*c*). Ainsi, dans l'œuf du Lapin, la surface du globe vitellin s'éloigne de sa tunique membraneuse de façon à laisser entre elle et celle-ci un espace où s'accumule un liquide diaphane; espace qui a été décrit sous les noms de *zona pellucida*, de *couche albumineuse*, etc. M. Ch. Robin a étudié récemment ce mouvement de concentration du vitellus chez les *Nephelis* (*d*).

(3) La forme du globe vitellin subit souvent des changements considérables et répétés, par l'effet de ces mouvements qui ressemblent beaucoup à ceux des Amibes. Au premier abord, on avait pu croire qu'ils étaient une conséquence de la désorganisation des œufs non fécondés ; mais, ainsi que je l'ai déjà dit, M. de Quatrefages a constaté qu'ils se manifestent lorsque ces corps sont encore fécondables (*e*). On ne doit pas les confondre avec le phénomène de la segmentation qui est consécutive à la fécondation (*f*). Weber paraît être le premier qui ait signalé les contractions du vitellus à cette période initiale du travail embryogénique (*g*).

Récemment, M. Stricker a observé dans l'œuf de la Grenouille des phénomènes de même ordre ; les cellules

(*a*) Quatrefages, *Études embryogéniques* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1848, t. X, p. 171 et suiv.).

(*b*) Krause, *Vermischte Beobachtungen und Bemerkungen. § Ei der Säugethiere* (*Muller's Archiv für Anat. und Physiol.*, 1837, p. 26, pl. 1, fig. 4, 5, 6).

— Bischoff, *Traité du développement de l'Homme et des Mammifères*, p. 59 et 611.

(*c*) Par exemple, chez les Hermelles : voy. Quatrefages, *Mém. sur l'embryologie des Annélides* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, t. X, p. 173).

— Le Strongle : voy. Bagge, *De evolutione Strongyli auricularis et Ascaridis acuminatæ viviparorum*. Erlange, 1841, p. 9.

(*d*) Ch. Robin, *Mém. sur les phénomènes qui se passent dans l'œuf avant la segmentation* (*Journal de physiologie*, 1862, t. V, p. 82).

(*e*) Quatrefages, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1848, t. X, p. 172).

(*f*) Ch. Robin, *Sur les mouvements du vitellus qui précèdent ceux de l'embryon dans l'œuf* (*Compte rendu de la Société de biologie*, 3ᵉ série, 1861, t. III, p. 101).

(*g*) E. H. Weber, *Ueber die Entwickelung des medicinischen Blutegels* (*Meckel's Archiv für Anat. und Physiol.*, 1828, p. 366).

montre plus tard chez l'embryon de beaucoup d'Animaux inférieurs (1). Ensuite le globe vitellin laisse échapper une ou plusieurs sphérules d'une matière hyaline qui désormais ne joueront aucun rôle appréciable dans les phénomènes du développement (2), mais dont la sortie semble être liée au début d'un mouvement moléculaire important qui caractérise une nouvelle période du travail embryogénique. Dernièrement, M. Robin a étudié avec beaucoup de soin le mode d'évolution de ces corpuscules hyalins, auxquels il donne le nom de *globules polaires*, et il pense que le point dont ils se détachent est le lieu où commence nécessairement le phénomène du fractionnement ou de la segmentation du vitellus, dont nous aurons bientôt à nous occuper. Mais, dans l'état actuel de la science, cette généralisation ne me semble pas suffisamment motivée (3).

Sortie des globules polaires.

ou sphérules embryonnaires émettent des expansions tubiformes et rétractiles qui ressemblent beaucoup à ceux des Sarcodaires (*a*).

(1) M. Bischoff a observé des mouvements de rotation du globe vitellin dans l'intérieur de l'œuf chez le Lapin, et il pense qu'ils sont dus à des cils vibratiles qui se seraient développés à la surface de cette sphère (*b*).

MM. Lebert et Prévost ont constaté que de très-bonne heure toute la surface du globe vitellin des Grenouilles présente des mouvements vibratiles, et ils attribuent ce phénomène à la présence de cils (*c*). Cependant M. Lereboullet, qui a pu étudier avec beaucoup d'attention la rotation du vitellus dans l'œuf des Poissons, où elle est très-persistante, n'a pu apercevoir aucune trace de ces cils (*d*).

(2) Les corpuscules qui ont été assimilés à ces globules chez les Insectes concourent à la formation des blastodermes (*e*); mais ils diffèrent beaucoup de ceux dont il est ici question.

(3) L'apparence produite par la sortie de ces globules, appelés *vésicules directrices* par M. Fréd. Müller (*f*), a été d'abord considérée comme due à

(*a*) Stricker, *Ueber die Selbstständigen Bewegungen embryoneler Zellen* (*Bericht der K. Akad. der Wissensch. in Wien*, 1864, n° 12, p. 72).

(*b*) Bischoff, *Ueber das Drehen des Dotters im Säugethierens während dessen Durchgang durch den Eileiter* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1841, p. 14). — *Sur le mouvement rotatoire qu'exécute le vitellus de l'œuf des Mammifères dans son passage à travers l'oviducte* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1841, t. XVI, p. 298). — *Traité du développement de l'Homme et des Mammifères*, p. 39.

(*c*) Prévost et Lebert, *Mém. sur la formation des organes de la circulation et du sang dans les Batraciens* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. I, p. 199).

(*d*) Lereboullet, *Op. cit.*, p. 36.

(*e*) Ch. Robin, *Mém. sur la production du blastoderme chez les Animaux articulés* (*Journal de physiologie*, 1862, t. V, p. 352).

(*f*) Fréd. Müller, *Zur Kenntniss des Furchungsprocesses im Schneckeneie* (*Archiv für Naturgeschichte*, 1848, t. I, p. 1).

Noyau vitellin. D'ordinaire la fécondation de l'œuf est promptement suivie

la présence d'un *hile*, et leur expulsion de la sphère vitelline fut aperçue pour la première fois par Dumortier (de Bruxelles) (*a*). D'ordinaire, ce phénomène est précédé par l'apparition d'un espace clair que M. Grube a appelé le *pôle actif* de l'œuf (*b*), et que la plupart des physiologistes décrivent comme correspondant au point occupé quelque temps auparavant par la vésicule germinative. Le centre de cette tache devient ensuite saillant en manière d'ampoule, puis s'allonge, devient pédonculé, et se détache de façon à constituer un globule plus ou moins piriforme, qui reste libre dans le liquide adjacent. Trompés par l'apparence de cette ampoule, beaucoup d'auteurs l'ont prise pour la vésicule germinative, mais elle ne se forme qu'après la destruction de celle-ci ; elle en est complétement distincte, et, ainsi que le pense M. Ch. Robin, son évolution semble être due à un phénomène de bourgeonnement (*c*). En général, deux, trois ou même quatre de ces globules polaires s'échappent successivement du même point, et parfois se confondent ensuite en une seule masse qui reste pendant plus ou moins longtemps flottante entre la surface du vitellus et la tunique vitelline. On n'est pas encore bien fixé sur la nature chimique de la matière constitutive de ces globules hyalins ; à raison de leurs propriétés optiques, on les considère communément comme étant des corps gras, et quelques auteurs en parlent sous le nom de gouttelettes d'huile. Leur existence a été constatée chez un grand nombre d'animaux, parmi les Invertébrés (*d*), aussi bien que parmi les Vertébrés (*e*).

(*a*) Dumortier, *Embryologie des Mollusques* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1837, t. VIII, p. 136, pl. 3, fig. 2 et 3).

(*b*) Grube, *Untersuchungen über die Entwickelung der Clepsinen*. Kœnigsberg, 1844.

(*c*) Ch. Robin, *Mémoire sur les globules polaires de l'ovule* (*Journal de physiologie*, 1862, t. V, p. 149, pl. 3, 4 et 5).

(*d*) Par exemple, dans l'embranchement des Mollusques, chez :

— Les Limnées voy. Dumortier, *Op. cit.* ; — Pouchet, *Note sur le développement des Limnées* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1838, t. X, p. 63); — Ch. Robin, *Op. cit.* (*Journal de physiologie* t. V, p. 169).

— L'Aplysie : voy. Van Beneden, *Recherches sur le développement des Aplysies* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1841, t. XV, p. 126).

— Les Dentales : voy. Lacaze-Duthiers, *Développement du Dentale* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1857, t. VII, p. 207, pl. 6, fig. 4).

— Le *Tergipes Edwardsii* : voy. Nordmann, *Monographie, etc.* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1846, t. V, p. 145).

— Le Taret : voy. Quatrefages, *Note sur le développement de l'œuf chez les Tarets* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1848, t. IX, p. 34, et 1849, t. XI, p. 207).

— Les Modioles et les Bucardes : voy. Löven, *Ueber die Entwickelung der kopflosen Mollusken* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1848, p. 539).

(*e*) Par exemple, chez :

— Le Lapin : voy. Barry, *Researches on Embryology* (*Philos. Trans.*, 1840, pl. 24, fig. 135-137).

— Le Chien : voy. Bischoff, *Entwickelungsgeschichte des Hunde-Eies*, 1845, pl. 1, fig. 11-14.

— La Brebis : voy. Bischoff, *Mém. sur la maturation et la chute périodique de l'œuf de l'Homme et des Mammifères* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1844, t. II, pl. 8, fig. 10).

— La Truite : voy. Vogt, *Embryologie des Poissons*.

— Les Épinoches : voy. Coste, *Développement des êtres organisés* (*Atlas*, Poissons, pl. 1 c)

d'autres changements dans la constitution intérieure du vitellus, dont la partie centrale s'éclaircit, de façon à former bientôt une sphérule plus ou moins distincte des parties adjacentes, et appelée *noyau vitellin*. Il reste encore beaucoup d'incertitude sur la nature de ce noyau. La plupart des physiologistes la considèrent comme une cellule ou vésicule, mais d'autres pensent que c'est un corps solide, ou bien un amas de matières grasses. Les faits probants nous manquent pour décider cette question ; mais, quoi qu'il en soit, cette portion du globe vitellin paraît jouer un rôle considérable dans les mouvements moléculaires dont l'œuf va être bientôt le siége (1).

Nous avons vu précédemment que le vitellus contient deux sortes de corpuscules vivants formés, les uns par une substance plastique, les autres par des substances nutritives. Dans l'œuf arrivé à maturité, ces matières sont plus ou moins mêlées entre elles ; mais lorsque la fécondation a été opérée, elles tendent à se séparer et à constituer deux couches distinctes, que

(1) Cette tache claire centrale a été souvent confondue avec la vésicule germinative, et c'est ainsi que beaucoup de physiologistes ont été conduits à penser que cette cellule primordiale peut persister après la fécondation. M. Bagge fut le premier à les distinguer (*a*). M. Reichert considéra le noyau vitellin comme dépourvu d'une membrane enveloppante et formé par un liquide probablement de nature grasse (*b*), et M. Coste adopta une opinion analogue (*c*). M. Kölliker, au contraire, le décrit comme étant une vésicule, et l'appelle *cellule embryonale* (*d*). M. Vogt en parle aussi comme d'une vésicule à parois très-fines, remplie de liquide (*e*) ; mais M. Ch. Robin assure avoir constaté que c'est un corps solide, d'égale densité dans tout son diamètre (*f*).

(*a*) Bagge, *Dissert. de evolutione Strongyli, etc.*, 1841, p. 10.

(*b*) Reichert, *Ueber den Furchungs-Process des Batrachier-Eies* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1841, p. 521).

(*c*) Coste, *Recherches sur les premières modifications de la matière organique et sur la formation des cellules* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1845, t. XXI, p. 1372).

(*d*) Kölliker, *Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden*, 1844.

(*e*) Vogt, *Embryologie des Mollusques Gastéropodes* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1846, t. VI, p. 23).

(*f*) Ch. Robin, *Note sur la production du noyau vitellin* (*Journal de physiologie*, 1862, t. V, p. 309).

M. Reichert et quelques physiologistes désignent sous les noms de *vitellus formateur* et de *vitellus nutritif*. La disposition de la première de ces couches à la surface du globe vitellin peut varier dans les différents groupes zoologiques : tantôt elle entoure complétement ce globe ; d'autres fois elle n'en occupe qu'un segment plus ou moins petit, mais son rôle est toujours très-important, et c'est dans sa substance que s'opère le travail appelé *fractionnement* ou *segmentation du vitellus*.

Segmentation. Ce phénomène fut étudié pour la première fois en 1824 par MM. Prévost et Dumas. En observant attentivement les œufs de Grenouille nouvellement fécondés, ces physiologistes virent se former à la surface du vitellus un sillon qui, en se prolongeant, divisa bientôt ce globe en deux parties ; puis chaque hémisphère ainsi formé se partagea de la même manière, et les quatre segments obtenus de la sorte se subdivisèrent à leur tour. Le fractionnement du vitellus ne s'arrêta pas là ; il se continua avec une rapidité croissante, et bientôt toute la surface de ce globe prit un aspect framboisé, par l'effet de l'entrecroisement des lignes dont sa surface se sillonnait. Il n'existait encore dans l'œuf aucune trace de l'embryon futur, et ce fut seulement après que ce fractionnement fut poussé très-loin, que les premiers indices du développement de celui-ci devinrent saisissables (1).

(1) Le fait de la segmentation du vitellus n'avait pas complétement échappé aux investigations de Swammerdam et de Spallanzani. Le premier de ces naturalistes l'entrevit en partie chez la Grenouille (a), et le second en aperçut les résultats sur l'œuf du Crapaud (b) : mais ni l'un ni l'autre n'en saisirent le caractère, et la découverte de ce phénomène appartient principalement à MM. Prévost et Dumas, dont les observations devinrent le point de dé-

(a) Swammerdam a aperçu et figuré le commencement du sillonnement du vitellus dans l'œuf de la Grenouille ; mais il ne s'est pas bien rendu compte de ce qu'il avait vu (*Biblia Naturæ*, t. II, p. 812, tab. 48, fig. 5, 8.)

(b) Spallanzani mentionna l'existence de sillons entrecroisés à la surface du vitellus du Crapaud ; mais il semble penser que c'est l'état primordial de l'œuf. (*Expériences pour servir à l'histoire de la génération des Animaux et des Plantes*, 1786, p. 36.)

Bientôt après, des changements analogues furent observés dans les œufs des Poissons, des Mollusques, des Zoophytes et d'une foule d'autres Animaux (1). On crut d'abord que, dans la classe des Oiseaux, ces phénomènes ne se produisaient pas ; mais les recherches de M. Bergmann et de M. Coste sont venues montrer que ces Animaux ne sont pas soustraits à

part de tous les travaux modernes relatifs au travail organisateur dont l'œuf est le siége avant l'apparition de l'embryon (*a*). Rusconi fut un des premiers à confirmer les observations de ces deux savants (*b*), et depuis lors le phénomène du fractionnement du vitellus a été étudié, soit chez les mêmes Batraciens, soit chez d'autres Animaux de la même classe, par plusieurs naturalistes, parmi lesquels je citerai MM. Baer, Reichert, Bergmann, Vogt (*c*). Le travail le plus récent sur ce sujet est dû à M. Max Schultze (*d*).

(1) Le fractionnement du vitellus de l'œuf des Poissons osseux a été observé par Rusconi chez la Tanche (*e*), par M. Vogt chez les Truites, par M. Agassiz sur l'œuf de la Perche (*f*), par M. Coste sur l'œuf de l'Épinoche (*g*).

Ce phénomène a été constaté chez un grand nombre de Mollusques, tels que la Limnée des étangs (*h*), l'Aplysie (*i*), les Éolides (*j*), les Actéons (*k*),

(*a*) Prévost et Dumas, *Deuxième mémoire sur la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. II, p. 110 et suiv., pl. 6).

(*b*) Rusconi, *Développement de la Grenouille commune*, 1826, p. 10, pl. 2, fig. 3.

(*c*) Baer, *Die Metamorphose des Eies der Batrachie vor der Erscheinung des Embryo* (Müller's *Archiv für Anatomie and Physiologie*, 1834, p. 481, pl. 11).

— Reichert, *Ueber den Furchungs-Process des Batrachier-Eies* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1841, p. 523).

— Bergmann, *Die Zerklüftung und Zellenbildung im Froschdotter* (Müller's *Archiv*, 1841, p. 89).

— Vogt, *Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Geburtshelferkröte* (Alytes obstetricans), in-4, 1842.

— Newport, *On the Impregnation of the Ovum in the Amphibia* (*Philos. Trans.*, 1851, p. 183).

(*d*) Max. Schultze, *Observationes nonnullæ de overum Ranarum segmentatione*, 1863.

(*e*) Rusconi, *Lettre sur les changements que les œufs des Poissons éprouvent avant qu'ils aient pris la forme d'embryon* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1836, t. V, p. 304) ; — *Biblia italiana*, t. LXXIX ; — (Müller's *Archiv*, 1836, p. 205, pl. 13, fig. 3-9).

(*f*) Vogt, *Embryologie des Salmones*, p. 39 et suiv. (Agassiz, *Histoire naturelle des Poissons d'eau douce de l'Europe centrale*, 1842).

(*g*) Coste, *Histoire du développement des corps organisés* (POISSONS, pl. 1).

(*h*) Herghi, *Ueber die Eier von Limnæus* (*Isis*, 1828, p. 213).

— Lereboullet, *Recherches sur le développement du Limnée, etc.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1862, t. XVIII, p. 92 et suiv.).

(*i*) Van Beneden, *Études embryologiques*, 1841.

(*j*) Nordmann, *Versuch einer Monographie des* Tergipes Edwardsii, pl 4, fig. 16 à 24 (*Acad. de Saint-Pétersbourg, Savants étrangers*, t. IV).

(*k*) Vogt, *Recherches sur l'embryologie des Mollusques Gastéropodes* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1846, t. VI, pl. 1, fig. 4-12).

la règle commune (1). L'œuf des Reptiles et des Poissons plagiostomes présente des phénomènes analogues. Enfin, le fractionnement progressif du vitellus est encore plus marqué chez les Mammifères (2). Mais, chez les Crustacés, ce phénomène ne

les Pourpres (*a*), les Vermets (*b*), les Anodontes (*c*), les Dentales (*d*), et les Botrylles (*e*).

Parmi les Vers et les Zoophytes chez lesquels le fractionnement du vitellus a été observé, je citerai les Hermelles (*f*), les Protules (*g*), les Lombrics (*h*), la Sangsue (*i*), les Clepsines (*j*), les Strongles et les Ascarides (*k*), les Distomes (*l*), les Oursins (*m*), la *Medusa aurita* (*n*).

(1) M. Coste a constaté que, dans cette classe d'Animaux, ainsi que chez les Reptiles proprement dits et les Poissons cartilagineux, les phénomènes de fractionnement se manifestent dans la portion de la sphère vitelline qui constitue la cicatricule, et n'affectent que peu ou point le reste de sa surface (*o*).

Un mode analogue de segmentation paraît avoir lieu dans l'œuf des Mollusques céphalopodes (*p*).

(2) Ce fractionnement du vitellus, chez les Mammifères, a été étudié avec beaucoup d'attention par M. Bischoff et M. Barry (*q*).

(*a*) Koren et Danielssen, *Recherches sur le développement des Pectinibranches* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1853, t. XIX, pl. 1, fig. 1-10).

(*b*) Lacaze-Duthiers, *Mém. sur l'anatomie et l'embryologie des Vermets* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1860, t. XIII, pl. 7, fig. 1-8).

(*c*) Carus, *Neue Untersuch. über die Entwickelungsgesch. unserer Flussmuscheln*, 1832.

(*d*) Lacaze-Duthiers, *Histoire de l'organisation et du développement du Dentale* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1857, t. VII, pl. 6, fig. 5-12).

(*e*) Lœwig et Kölliker, *De la composition et de la structure des enveloppes des Tuniciers* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1846, t. V, pl. 8, fig. 35 et 36).

(*f*) Quatrefages, *Mém. sur la famille das Hermelliens* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1848, t. X, pl. 3, fig. 17-22 ; pl. 4).

(*g*) Milne Edwards, *Observations sur le développement des Annélides* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1845, t. III, pl. 9, fig. 46).

(*h*) Udekem, *Développement du Lombric terrestre* (*Mém. de l'Acad. de Belgique*, *Sav. étrang.*, t. XXVII, pl. 1, fig. 9 et 10).

(*i*) Weber, *Ueber die Entwickelung des medicinischen Blutegels* (Meckel's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1828, p. 368).

(*j*) De Filippi, *Lettera sopra l'anatomie e la sviluppo delle Clepsine* (*Giornale delle sc. med. chir. de Pavia*. 1839, t. II, pl. 2).

— Grube, *Untersuch. über die Entwickel. der Clepsinen*, 1844, pl. 1, fig. 5-13.

(*k*) Bagge, *Dissert. de evolutione Strongyli auriculati et Ascaris acuminatæ*. Erlangen, 1841.

(*l*) Mayer, *Beiträge zur Anatomie der Entozoon*. Berlin, 1841, p. 27.

(*m*) Derbes, *Observ. sur la formation de l'embryon chez l'Oursin comestible* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1847, t. VIII, pl. 3, fig. 6-10).

(*n*) Siebold, *Neueste Schriften der Naturforsch. Gesellschaft in Danzig*, 1839, t. III, pl. 1.

(*o*) Coste, *Recherches sur la segmentation de la cicatricule chez les Oiseaux, les Reptiles écailleux et les Poissons cartilagineux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1848, t. XXX, p. 638). — *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, pl. 2.

— Agassiz, *Embryology of the Turtle. Contrib. to the Nat. Hist. of the United-States*, t. II, pl. 10.

— Lereboullet, *Recherches sur le développement du Lézard*, etc. (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1862, t. XVII, pl. 3, fig. 9).

(*p*) Kölliker, *Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden*, 1844, pl. 1.

(*q*) Barry, *Researches on Embryology* (*Philos. Trans.*, 1839, p. 307 et suiv. ; 1840, p. 529 et suiv.).

— Bischoff, *Traité du développement de l'Homme et des Mammifères, suivi d'une histoire du*

revêt pas toujours le même caractère que chez la plupart des Animaux (1), et chez les Insectes il paraît être remplacé par un travail de gemmation sur lequel je reviendrai, lorsque je traiterai spécialement du mode de développement de ces Animaux (2).

Les apparences résultant de ce fractionnement de la matière plastique ou germinative varient suivant le mode de constitution de l'œuf. Lorsque la proportion de matière vitelline secondaire ou nutritive est très-faible par rapport à celle de la substance blastogénique, la sphère vitelline tout entière y obéit et se divise en sphérules de plus en plus petites et de plus en plus nombreuses, ainsi que cela se voit dans l'œuf des Mammifères ordinaires et de beaucoup d'Animaux invertébrés.

(1) Chez l'Écrevisse, le fractionnement de la matière plastique de l'œuf s'opère d'une manière diffuse autour d'une multitude de petits centres épars sur la surface du globe vitellin (*a*). Mais chez la Nicothoé, M. Van Beneden a observé le mode ordinaire de fractionnement (*b*).

(2) Chez les Insectes, le phénomène de fractionnement n'a pas été observé (*c*), et suivant M. Ch. Robin, ce mouvement moléculaire serait remplacé par un travail de bourgeonnement cystigène (*d*). Sous ce rapport, les Arachnides paraissent ressembler aux Insectes (*e*).

développement de l'œuf du Lapin, trad. par Jourdan, 1843, pl. 3 et 4. — *Mém. sur la maturation et la chute périodique de l'œuf, etc.* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. II, p. 104, pl. 11). — *Entwickelungsgeschichte des Meerschweinchens*, 1852, pl. 1. — *Entwickelungsgesch. des Rehes*, 1854, pl. 1.

— Reichert, *Beiträge zur Entwick. des Meerschwenchens*, 1862, pl. 3.

(*a*) Rathke, *Untersuch. über die Bildung und Entwickelung des Flusskrebses*, 1820. — *Rech. sur la formation et le développement de l'Écrevisse* (*Ann. des sciences nat.*, 1re série, 1830, t. XX, pl. 5, fig. 1).

— Lereboullet, *Recherches sur le développement du Brochet, de la Perche et de l'Écrevisse*, 1862, p. 234 et suiv.

(*b*) Van Beneden, *Mém. sur le développement et l'organisation des Nicothoés*, p. 16 (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XXIV, et *Ann. des sciences nat.*, 3e série, t. XIII, pl. 1, fig. 13-17).

(*c*) Kölliker, *Observationes de prima Insectorum genesi*, 1842 (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1843, t. XX, pl. 5, fig. 1).

— Zaddach, *Untersuchungen über die Entwickelung und den Bau der Gliederthiere*, 1854 (Phryganides).

— Leuckart, *Die Fortpflanzung und Entwickelung der Pupiparen nach Beobachtungen von Melophagus* ovinus (*Abhandl. der Naturforchenden Gesellschaft in Halle*, 1858, t. IV, p. 145).

(*d*) Ch. Robin, *Mém. sur la production du blastoderme chez les Articulés* (*Journal de physiologie*, 1862, t. V, p. 348).

(*e*) E. Claparède, *Recherches sur l'évolution des Araignées*, p. 7 (extrait des *Mémoires de la Société des arts et sciences d'Utrecht*, 1862).

Si la matière nutritive et non germinale est beaucoup plus abondante, sans être en quantité énorme relativement à la substance plastique dont se compose le germe, le fractionnement de celle-ci peut encore affecter la totalité ou la majeure partie de la surface de la sphère vitelline, mais y détermine seulement des sillons plus ou moins profonds, tels que les lignes qui apparaissent dans l'œuf de la Grenouille. Enfin, lorsque la proportion de matière vitelline devient encore plus grande relativement à la matière vivante qui est susceptible de s'organiser, et que celle-ci constitue seulement le petit amas dont j'ai souvent parlé sous le nom de *cicatricule*, les phénomènes de fractionnement sont limités à cette partie germinale et ne modifient pas l'état du reste de la sphère vitelline, ainsi qu'il est facile de s'en assurer en observant l'œuf de la Poule peu de temps après sa fécondation (1). Nous voyons donc que les distinctions que j'ai indiquées précédemment au sujet de la constitution des œufs (2) correspondent à des différences dans les caractères du travail embryogénique préliminaire; mais je me hâte d'ajouter que ces différences ne paraissent avoir que peu d'importance physiologique.

Le point dans lequel le travail de fractionnement commence paraît être en général celui où les globules hyalins ont fait précédemment irruption au dehors; de là les noms de *vésicules directrices* ou de *globules polaires* donnés à ces corpuscules (3).

(1) La segmentation de la cicatricule de l'œuf de la Poule, observée pour la première fois, en 1845, par M. Bergmann (*a*), a lieu avant la ponte; elle commence dans l'oviducte, lorsque la membrane de la coque n'est pas encore formée, et elle marche avec une très-grande rapidité (*b*).

(2) Voyez ci-dessus, page 328.

(3) Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux observations déjà citées (voyez page 395).

(*a*) Bergmann, *Beobachtungen über die Dotterfurchung* (*Müller's Archiv für Anat. und Physiol.*, 1847, p. 38).

(*b*) Coste, *Op. cit.* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1848, t. XXX, p. 630). — *Hist. du développement des êtres organisés*, t. I, p. 104 (Poissons, pl. [illegible]).

Sphérules ou cellules blastémiques.

§ 5. — Il existe encore beaucoup d'obscurité relativement aux caractères histologiques des sphérules vivantes dont nous venons de constater la multiplication dans l'intérieur de l'œuf. La plupart des embryologistes considèrent ces corpuscules comme étant des cellules, c'est-à-dire des utricules à parois membraniformes, dont la cavité contient un liquide, ainsi que des matières solides qui y constituent une sorte de noyau. On pense aussi, assez généralement, que ces cellules naissent dans l'intérieur l'une de l'autre, et deviennent ensuite libres par la dissolution des parois de l'utricule procréateur, en sorte que le fractionnement du germe en voie de développement serait la conséquence de la production endogène d'une longue lignée de cellules blastémiques (1). Dans certains cas, les sphérules affectent, en effet, la forme utriculaire, et nous verrons bientôt que le développement de cellules vivantes joue un grand rôle dans le travail constitutif des tissus organiques, chez les Animaux aussi bien que chez les plantes. Mais ce mode de structure, lorsqu'il existe, me paraît être consécutif plutôt qu'originaire, et ne pas être aussi général qu'on l'admet communément aujourd'hui. Ainsi, je partage tout à fait l'opinion des embryologistes qui

(1) Les vues de M. Schleiden et de M. Schwann, relatives à l'évolution des cellules histogéniques (*a*), ont exercé depuis vingt-cinq ans une très-grande influence sur la manière d'interpréter les apparences offertes par le vitellus en voie de fractionnement, et vers 1840 la plupart des observateurs regardèrent ce phénomène comme résultant du développement d'une lignée d'utricules endogènes (*b*). Parmi les physiologistes qui soutinrent cette opinion, je citerai en première ligne MM. Reichert (de Berlin), Martin Barry (*c*). Les pathologistes en ont fait aussi grand usage (*d*).

(*a*) Schleiden, *Beiträge zur Phytogenesis* (*Müller's Archiv für Anat. und Physiol.*, 1838, p. 137.

— Schwann, *Mickroscopische Untersuch. über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen*, 1838. — *Recherches microscopiques sur la conformité de structure et d'accroissement des Animaux et des Plantes* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1842, t. XVII, p. 5).

(*b*) Voyez Mandl, *Anatomie microscopique*, t. II, p. 38 et suiv.

(*c*) Reichert, *Das Entwickelungsleben im Wirbelthierreich*, 1840. *Ueber den Furchungsprocess des Batrachier-Eies* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1841, p. 523).

— M. Barry, *Researches on Embryology* (*Philos. Trans.*, 1838, 1839 et 1840).

(*d*) Virchow, *Pathologie cellulaire*, 1861.

considèrent les sphérules du germe comme n'offrant pas d'abord le caractère cellulaire et étant des globes d'une substance glutineuse qui empâte des corpuscules hétérogènes dont certains, de nature graisseuse, représentent un noyau central, mais n'étant pas limités par une tunique membraneuse, et par conséquent n'ayant pas une structure utriculaire (1). Depuis un quart de siècle, les vues théoriques de M. Schleiden et de M. Schwann, relatives au rôle des cellules dans le développement des Animaux aussi bien que des plantes, ont exercé une grande influence sur l'interprétation des faits observés par les micrographes, et ont beaucoup contribué aux progrès de l'histologie ; mais la portée en a été singulièrement exagérée par plusieurs auteurs dont l'autorité est très-grande dans la science, et, dans le cas particulier qui nous occupe ici, l'hypothèse de

(1) Cette manière d'envisager la formation des sphérules du vitellus en voie de fractionnement fut présentée avec réserve, dès 1841, par M. Bergmann (*a*), et, vers la même époque, M. Vogt reconnut que, chez le Crapaud accoucheur, les premières divisions du vitellus n'ont rien de commun avec la formation des cellules qui a lieu plus tard (*b*).

M. Bischoff considère également les sphères vitellines comme n'étant pas de véritables cellules, et assure qu'elles sont dépourvues d'une enveloppe membraneuse (*c*). En 1846, M. Vogt publia de nouvelles observations sur ce sujet (*d*), et bientôt après M. Kölliker admit formellement que les agglomérations de la matière vitelline ne se recouvrent d'une membrane utriculiforme que vers la fin du travail de fractionnement (*e*). Les observations faites par M. de Quatrefages sur l'œuf des Hermelles s'accordent avec cette opinion (*f*), qui est adoptée aujourd'hui par la plupart des physiologistes (*g*).

(*a*) Bergmann, *Ueber der Zerklüftung und Zellenbildung im Froschdotter* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1841, p. 89).
(*b*) Vogt, *Untersuch. über die Entwickelungsgeschichte der Geburtshelferkröte*, 1842.
(*c*) Bischoff, *Traité du développement de l'Homme et des Animaux*, p. 72.
(*d*) Vogt, *Recherches sur l'embryologie des Mollusques Gastéropodes* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1846, t. VI, p. 24).
(*e*) Kölliker, *Sur le développement des tissus chez les Batraciens* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, t. VI, p. 91).
(*f*) Quatrefages, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1848, t. X, p. 184).
(*g*) Ecker : voyez la 2ᵉ édition des *Icones physiologicæ* de Wagner, 1851, pl. 23, fig. 15).
— Leydig, *Rochen und Haie*, 1852.
— Agassiz, *Contrib. to the Nat. Hist. of New-York*, 1857, t. II, p. 526.
— Lereboullet, *Recherches sur le développement de la Truite* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XVI, p. 137).

l'emboîtement des cellules ne me paraît pas être l'expression de la vérité.

Nous devons être également très-sobre d'hypothèses au sujet des causes déterminantes de la segmentation du germe, car les observations, en très-petit nombre, sur lesquelles les embryologistes s'appuient pour soutenir leurs opinions, ne s'accordent pas entre elles. Ainsi, beaucoup d'auteurs, parmi lesquels je citerai mon savant collègue M. Coste, attribuent ce phénomène à une sorte de scissiparité du noyau graisseux ou muqueux qui se trouve dans l'intérieur du vitellus, et qui, en se divisant, déterminerait l'agglomération de la matière vitelline autour de chacun de ses fragments (1). Je partage son opinion ; cependant je dois ajouter que les recherches d'un autre naturaliste, très-habile dans l'emploi du microscope, tendent à établir que la division de ce noyau est un phénomène postérieur au fractionnement, et que la division de la sphère vitelline en deux sphérules peut commencer avant qu'il y ait deux noyaux : l'effet précéderait donc la cause présumée (2).

(1) En 1841, M. Bergmann appela l'attention sur la tache claire (*a*), qui a été ensuite considérée comme une cellule ou un noyau par plusieurs physiologistes (*b*).

(2) En étudiant le développement de l'œuf chez un petit Mollusque gastéropode de nos côtes (l'*Acteon viridis*), M. Vogt a trouvé qu'à l'époque où la sphère vitelline commence à se diviser en deux sphères secondaires, et présente la forme d'un sablier ou d'une mandoline, la portion la plus grande, celle qui représente la sphère primitive, contient un noyau transparent qui n'a subi aucune modification, tandis qu'à l'autre portion (correspondante à la sphère secondaire), il n'a pu apercevoir aucun noyau de ce genre; le noyau ne s'y est montré qu'à une période plus avancée du travail génésique. Ainsi, chez l'Actéon, le fractionnement du vitellus précéderait la multiplication du noyau transparent, et par conséquent ne pourrait être considéré comme dû à ce phénomène (*c*)

(*a*) Bergmann, *Op. cit.* (Müller's *Archiv*, 1841, p. 89).

(*b*) Bagge, *Dissert. de evolutione Strongyli auricularis et Ascaridis acuminatæ*, 1844.
— Kölliker, *Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden*, 1844.

(*c*) C. Vogt, *Recherches sur l'embryologie des Mollusques Gastéropodes* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1846, t. VI, p. 24, pl. 1, fig. 4).

Lorsque le fractionnement du germe a été porté très-loin, les sphérules, ou globules organoplastiques, ne conservent pas leur caractère primitif, et souvent il devient facile de constater que leur partie périphérique se condense de façon à constituer une tunique membraniforme distincte de la substance sous-jacente. Ces sphérules deviennent alors de véritables utricules ou cellules dans l'intérieur de chacune desquelles on aperçoit un liquide granuleux et un noyau dont l'aspect varie (1). Leur nombre augmente rapidement, et en général ils se diversifient entre eux par la nature de leur contenu ou par les transformations ultérieures qu'ils subissent, et ils constituent, par leur réunion, le corps organisé que j'ai désigné précédemment sous le nom de Métazoaire.

Celui-ci ne consiste d'abord qu'en un petit agrégat de matière vivante qui affecte, en général, la forme d'une tache blanchâtre et circulaire à la surface du globe vitellin, et qui est désignée d'ordinaire sous les noms de *cumulus* ou de *blastoderme*. Il s'accroît rapidement par sa circonférence, et en s'étalant de plus en plus sur le vitellus, il tend à constituer une lame membraneuse qui entoure la partie centrale de l'œuf à la manière d'une tunique et devient une sorte de cellule ou sphère creuse dont l'intérieur est occupé par l'amas de matière vitelline destinée à le nourrir.

Parfois le Métazoaire ainsi produit se transforme ultérieurement en un Typozoaire ; mais, dans d'autres cas, il conserve toujours son individualité, et il devient seulement un intermé-

(1) M. Lereboullet, qui vient de publier de nouvelles recherches sur le mode de production de ces cellules embryonnaires, pense qu'elles ne proviennent jamais des globes vitellins ou générateurs qui résultent du fractionnement de la substance organo-plastique du vitellus, et qu'elles sont toutes des produits de nouvelle formation (a). Dans la prochaine Leçon, j'aurai à revenir sur ce sujet, lorsque je parlerai des observations récentes de M. Agassiz sur l'ovologie des Tortues de l'Amérique.

(a) Lereboullet, *Nouvelles recherches sur la formation des premières cellules embryonnaires* (*Ann. des sciences nat.*, 5[e] série, 1864, t. II, p. 5).

diaire entre celui-ci et le Protoblaste dont il descend ; à peu près comme nous l'avons vu pour le Protoblaste lui-même par rapport au Typozoaire souche et au Métazoaire.

Effectivement, dans ce cas, l'être vivant qui naît du Protoblaste est à son tour un individu reproducteur ; par suite de l'activité physiologique dont il est doué, il devient le siége d'un phénomène de bourgeonnement, ou de quelque chose d'analogue, et il donne ainsi naissance à l'embryon, qui, en se développant, deviendra un Typozoaire, ou représentant parfait de son espèce. Mais, avant de produire ainsi, par génération continue, un nouvel individu, le Métazoaire devra lui-même se développer, et, dans certains cas, il arrivera de la sorte à un haut degré de perfectionnement organique, tandis que d'autres fois il ne présentera rien de semblable. Dans ce dernier cas, il restera dans l'intérieur de l'œuf où il a pris naissance et n'y vivra que d'une vie végétative ; mais, dans le premier cas, il pourra quitter cette demeure, entrer dans le monde extérieur, y chercher de nouveaux aliments, et avoir tous les caractères ainsi que les facultés d'un animal ordinaire, qui, restant agame, perpétuera son espèce, non pas au moyen d'œufs, comme l'individu sexué dont il descend, mais par gemmiparité.

Le premier exemple connu de cette succession d'individus dissemblables, mais appartenant à une même espèce et réalisant alternativement deux formes différentes, nous a été fourni par des Animaux pélagiens qui appartiennent à la division des Molluscoïdes, et qui ont reçu les noms de Biphores ou de Salpas. Depuis longtemps on avait remarqué que quelques-uns de ces Animaux vivent solitaires, tandis que d'autres, dont la conformation est un peu différente, sont réunis entre eux en nombre considérable, de façon à constituer de longues chaînes. On avait cru d'abord que les Biphores solitaires et les Biphores agrégés appartenaient à des espèces différentes ; mais Chamisso, natu-

Génératio alternante

Biphore

raliste attaché à une expédition de circumnavigation russe, reconnut que cela n'était pas, que les individus isolés donnaient naissance à des chaînes d'individus agrégés. Les premiers n'ont pas d'organes sexuels, et se multiplient par une sorte de bourgeonnement continu ; mais les individus qui naissent de la sorte soudés entre eux, et qui restent toujours unis, possèdent des organes sexuels, et produisent des œufs de chacun desquels naît un Biphore agame solitaire. Pendant longtemps les assertions de ce voyageur ne furent accueillies qu'avec doute, mais elles furent confirmées, il y a une vingtaine d'années, par plusieurs zoologistes (1), et vers la même époque, d'autres faits du même ordre furent introduits dans la science. Bientôt après, M. Steenstrup, habile naturaliste danois, coordonna toutes ces observations éparses, et en fit ressortir la portée physiologique. Il désigna, sous le nom de *générations alternantes*, ces successions d'indi-

(1) Les observations de Chamisso furent faites pendant le voyage de Kotzebue, et parurent en 1819. Pendant longtemps elles ne fixèrent que peu l'attention des naturalistes ; mais, en 1846, elles furent pleinement confirmées par M. Krohn (*a*), et plus récemment leur exactitude a été constatée aussi par MM. Huxley, Vogt, H. Müller et Leuckart (*b*). Les Biphores sexués naissent sur un stolon tubulaire très-grêle, qui se développe au fond d'une cavité particulière du système tégumentaire, au-dessous de la masse viscérale, et qui, en général, porte deux séries d'individus disposés longitudinalement et alternant entre eux. Ceux-ci sont androgynes, et produisent chacun un œuf unique dans lequel se forme un embryon qui se greffe d'abord sur l'organisme de la mère au moyen d'une sorte de placenta pédonculaire, et devient libre ultérieurement.

(*a*) Chamisso, *De Animalibus quibusdam e classe Vermium Linnæana in circumnavigatione terræ observatis*. Fasc. 1. *de Sulpa*. *Berolini*, 1819.

(*b*) Krohn, *Observations sur la génération et le développement des Biphores* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1846, t. VI, p. 110).

— Huxley, *Observations upon the Anatomy and Physiology of* Sulpa *and* Pyrosoma (*Philos. Trans.*, 1851, p. 567, pl. 15 et 16).

— Vogt, *Bilder aus dem Thierleben*, 1852, p. 26. — *Recherches sur les Animaux inférieurs de la Méditerranée*, t. II.

— H. Muller, *Ueber die anatomische Verschiedenheit der zwei Formen bei den Salpen* (*Verhandl. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg*, 1852, t. III, p. 57). — *Ueber Salpen* (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, 1853, t. IV, p. 329).

— R. Leuckart, *Zoologische Untersuchungen*, 1854, t. II.

vidus issus d'une même souche, mais dissemblables entre eux et ne réalisant la même forme organique que de deux générations en deux générations. Il appela *Ammen*, ou nourrices, les individus agames qui naissent de l'œuf pondu par un individu sexué, et qui produisent, par voie de gemmiparité, des individus semblables à la mère dont ils sont les fruits. Enfin, M. Steenstrup montra aussi que cette périodicité dans le retour des mêmes formes organiques est moins rare qu'on n'aurait pu le supposer d'abord; mais il ne rattacha pas ces phénomènes curieux aux lois générales de la propagation des Animaux, comme j'essaye de le faire en ce moment (1).

Cependant, pour saisir ces analogies, il suffit, ce me semble, de comparer ce qui a lieu chez les Biphores dont il vient d'être question, et ce qui se passe dans l'intérieur de l'œuf d'un Animal ordinaire. En effet, l'œuf du Biphore, de même que l'œuf d'un Mammifère ou d'un Oiseau, renferme un Protoblaste qui, en se développant, donne naissance à un Métazoaire, et celui-ci, chez le Biphore, se développe de façon à constituer une nourrice, c'est-à-dire un être possédant la plupart des caractères de sa mère, mais agame, et ce Métazoaire donne naissance, par gemmation, à des Typozoaires qui, dans ce cas, sont des animaux très-semblables à la nourrice dont ils descendent, mais aptes à se reproduire par oviparité. La différence principale qui existe entre les résultats de ce travail génésique et ceux dont les Animaux ordinaires nous offrent le spectacle, c'est que chez ceux-ci le Métazoaire reste dans un état d'imperfection organique très-grand, ne quitte pas

(1) Ce travail très-remarquable de M. Steenstrup parut en 1842, et exerça à juste titre une grande influence sur les idées des naturalistes touchant le mode de génération des Animaux inférieurs (*a*).

(*a*) Steenstrup, *Ueber die Generationswechsel in den niederen Thierklassen*, 1842. — *On the Alternation of Generations*, transl. by Busk (*Ray Society*, 1845).

l'œuf où il a pris naissance, et ne produit qu'un seul Typozoaire, au lieu d'en donner une série nombreuse, et de vivre dans le monde extérieur à la manière des Typozoaires dont il descend.

Générations alternantes chez les Trématodes.

La série de faits dont j'ai déjà eu l'occasion de parler dans une précédente leçon, lorsque je décrivais le mode de multiplication des Vers intestinaux du genre Monostome, est un autre exemple de ces générations alternantes (1). L'œuf pondu par un de ces parasites donne un Protoblaste qui affecte la forme d'un Animalcule couvert de cils vibratiles, et qui produit un Métazoaire, ou nourrice agame dans l'intérieur duquel naissent des Typozoaires dont la forme est d'abord celle d'un Cercaire, et dont le développement ultérieur amène la réalisation du mode d'organisation caractéristique du Monostome sexué et ovigère.

Générations alternantes chez les Échinodermes.

Chez les Échinodermes, la multiplication des individus typiques et aptes à se reproduire au moyen d'œufs se fait par l'intermédiaire de Métazoaires dont la structure est encore plus remarquable que celle des Biphores nourrices. Ainsi, les Animaux bizarres que J. Müller découvrit en 1846, et que ce naturaliste éminent désigna d'abord sous le nom de *Pluteus paradoxus*, n'offrent, dans leur conformation, rien qui puisse faire soupçonner leur parenté avec les Étoiles de mer à longs bras, appelées Ophiures. Ils ressemblent à une sorte de cloche irrégulière à bord branchu, qui nage au moyen de cils vibratiles, et qui renferme dans sa substance hyaline une charpente solide composée de plusieurs baguettes calcaires. On y distingue une bouche, un estomac, des glandes, des rudiments d'un système nerveux. Plus tard se développe à la face concave de cette cloche mobile un groupe de cæcums qui deviennent saillants, comme des tubercules, et se disposent par paires d'une manière

(1) Voyez ci-dessous, page 285 et suivantes.

radiaire, de façon à constituer un petit corps étoilé. Enfin ce corps, après s'être séparé du *Pluteus* qui l'a produit, se développe de façon à réaliser la forme et la structure des Échinodermes du genre Ophiure (1). Des phénomènes du même ordre ont été observés chez les Oursins et chez les Astéries (2),

(1) J. Müller, dont la longue série d'observations sur le développement des Echinodermes ne saurait être citée avec trop d'éloges, et dont la mort récente est un malheur pour la science (*a*) considéra le *Pluteus* comme étant la larve de l'Ophiure; mais ainsi que l'a fait remarquer M. Dareste, ce singulier Animal semble avoir plutôt les caractères d'un Métazoaire ou nourrice, car ce n'est pas son organisme qui se transforme pour devenir un Echinoderme, et celui-ci en naît par un phénomène de bourgeonnement (*b*).

(2) Au sujet du développement des Echinides, je citerai non-seulement les recherches déjà mentionnées de Müller, mais aussi celles de MM. Derbès, Krohn, Busch et Alex. Agassiz (*c*). Les principaux travaux sur le développement des Astériens, dont les Métazoaires furent d'abord décrits sous le nom de *Bipinnaria*, sont dus à MM. Sars, Krhon et Danielssen (*d*).

(*a*) Johannes Müller, *Bericht über einige neue Thierformen der Nordsee* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1846, p. 108, pl. 6).
— *Ueber die Larven und die Metamorphose der Ophiuren und Seeigel* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Berlin* pour 1846).
— *Ueber die Larven und die Metamorphose der Echinodermen*, 1849 (*Mém. de l'Acad. des sciences de Berlin* pour 1848).
— *Ueber die Larven und die Metamorphose der Holothurien und Asterien* (*Op. cit.*, 1850).
— *Ueber die Larven und die Metamorphose der Echinodermen. Vierte Abhandlung*, 1852 (*Op. cit.*, 1851).
— *Ueber die Ophiurenlarven des Adriatischen Meeres*, 1852 (même recueil pour 1851).
— *Ueber den allgemeinen Plan in der Entwickelung der Echinodermen*, 1853 (même recueil pour 1852).
— *Ueber die Gattung der Seeigellarven ; siebente Abhand. über die Metamorph. der Echinod.*, 1855 (même recueil pour 1854).
(*b*) Dareste, *Analyse des observations de Müller sur le développement des Échinodermes* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1852, t. XVII, p. 352).
(*c*) Derbès, *Observations sur les phénomènes qui accompagnent la formation de l'embryon de l'Oursin comestible* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1847, t. VIII, p. 80, pl. 5).
— Krohn, *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Seeigellarven*. Heidelberg, 1849. — *Ueber die Entwickelung einer lebendig gebärenden Ophiuren* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1851, p. 338, pl. 14, fig. 2-5). — *Ueber die Larven der* Echinus brevispinosus (Muller's *Archiv*, 1853, p. 361). — *Beobachtungen über Echinodermenlarven* (*Op. cit.*, 1854, p. 208, pl. 10, fig. 1, 2).
— Busch, *Beobachtungen über Anatomie und Entwickelung einiger wirbellosen Seethiere*, 1851.
— Alexander Agassiz, *On the Embryology of Echinoderms*, 1864 (*Memoirs of the American Academy*, t. IX).
(*d*) Sars, *Beskrivelser og Iagttagelser*. Bergen, 1835, p. 37, pl. 15, fig. 40.
— Krohn et Danielssen, *Zoologeske Bidrag*. Bergen, 1847. — *Observ. sur le* Bipennaria asterigera (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1847, t. VII, p. 347, pl. 7, fig. 7-9).
— Max. Schultze, *Ueber die Entwickelung von* Ophiolepis squamata (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1852, p. 37, pl. 1).
— Krohn, *Ueber einen neuen Entwickelungsmodus der Ophiuren* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1857, p. 369, pl. 14 B).

mais la forme du Métazoaire varie chez ces différents Zoophytes. Du reste, je me hâte d'ajouter que ces générations alternantes ne se rencontrent pas chez tous les Échinodermes, et que chez plusieurs de ceux-ci, le développement se fait d'une manière continue, de sorte que le Métazoaire tout entier devient un Typozoaire, au lieu de produire celui-ci par voie de bourgeonnement (1).

Générations alternantes chez les Médusaires.

Dans d'autres cas le Métazoaire, tout en étant apte à sortir de l'œuf et à mener pendant quelque temps une vie errante, ne présente qu'une structure très-simple. Ainsi, l'œuf de la *Medusa aurita* donne naissance à un Animalcule cilié et de forme ovoïde, appelé *Planula*, qui ressemble beaucoup à un Infusoire et ne montre dans son intérieur aucun organe particulier. Ce Métazoaire nage librement dans la mer à l'aide de ses cils, qui font office de rames; puis il se fixe sur la surface d'un rocher ou de quelque autre corps étranger, et se développe de façon à devenir cratériforme et à ressembler à un Polype. Alors son corps s'étrangle de distance en distance et

(1) Chez tous ces Zoophytes, le Métazoaire a une forme bilatérale, et le caractère radiaire ne se manifeste que chez le Typozoaire. Chez les Echinides, les Astériens et les Ophiures, ce dernier se sépare du Métazoaire, dont il naît par une sorte de bourgeonnement interne; mais chez les Holothuries, le Métazoaire est persistant presque en totalité, et reste uni au produit qui en naît par bourgeonnement et qui constitue la portion céphalique de l'Animal parfait. Sans le secours de figures, il me serait impossible de donner une idée nette de la conformation de ces Echinodermes en voie de développement, et des métamorphoses qu'ils subissent. Je me bornerai donc à ajouter que les Métazoaires des Echinides ont une charpente calcaire comme ceux des Ophiures, tandis que chez le Métazoaire des Astériens et des Holothuriens, cette charpente n'existe pas. Ces derniers sont plus ou moins vermiformes.

Des exposés des recherches de Müller sur ce sujet ont été publiés par MM. Dareste, Huxley et Agassiz (a).

(a) Dareste, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, t. XVI, p. 154; t. XIX, p. 244; t. XX, p. 121 et 147; 3e série, t. I, p. 153).

— Huxley, *Report on the Researches of Müller into the Anatomy and Development of Echinoderms* (*Ann. of Nat. Hist.*, 2e serie, 1851, t. VIII, p. 1).

— Agassiz, *Lectures on Comparative Embryology*. Boston, 1849.

se divise en une série de tronçons qui ne tardent pas à devenir libres, et qui, en se développant, acquièrent peu à peu le mode d'organisation typique de leur race, ou, en d'autres mots, deviennent autant de Méduses sexuées (1).

Des phénomènes analogues nous sont offerts par d'autres Acalèphes dont les *Planules* ou larves ciliées constituent, en se

(1) Les premières observations relatives à cette partie intéressante de l'histoire des Acalèphes datent de 1829 et sont dues à un naturaliste norwégien, M. Sars, de Bergen. Cet auteur fit connaître alors quelques-unes des formes transitoires de la *Medusa aurita*, mais il les considéra comme constituant des types zoologiques particuliers, et il leur donna les noms génériques de *Scyphostoma* et de *Strobila* (*a*). En 1835, Sars reconnut que le Scyphostome n'était qu'un premier état de l'Animal qu'il avait appelé *Strobila*, et que celui-ci avait beaucoup d'analogie avec certains Acalèphes, notamment avec l'*Ephira* d'Eschscholtz (*b*). Enfin, deux ans après, le même naturaliste annonça que les Strobiles sont de jeunes Méduses (*c*), et, en 1841, il exposa, avec tous les détails désirables, la série de ses observations sur ce sujet : il montra, d'une part, la transformation des Scyphostomes en Strobiles, la naissance de Méduses éphiroïdes aux dépens des tronçons du Strobile, et le développement de ces Méduses en Aurélies et en Cyanées sexuées ; d'autre part, la production des Scyphostomes par les œufs de ces derniers Acalèphes (*d*). Vers la même époque, M. Siebold fit des recherches importantes sur le même sujet, et déjà un naturaliste écossais, John Dalyell, avait constaté beaucoup de faits du même ordre (*e*). Diverses observations relatives à la filiation des Sertulariens et des Médusaires furent publiées peu de temps après par plusieurs autres zoologistes, et plus récemment M. Desor s'est occupé aussi du développement de la *Medusa aurita* (*f*) ; enfin, je citerai également ici à ce sujet les observations nouvelles dont M. Agassiz vient d'enrichir la science (*g*).

(*a*) Sars, *Bidrag til Söedyrenes Naturhistorie*. Bergen, 1829 (*Isis*, 1833, p. 221).

(*b*) Idem, *Beskrivelser og Jagttagelser*. Bergen, 1835, p. 16 et suiv.

(*c*) Idem, Wiegmann's *Archiv für Naturgeschichte*, 1837, t. I, p. 486.

(*d*) Idem, *Ueber die Entwickelung der* Medusa aurita *und der* Cyanea capillata (Wiegmann's *Archiv*, 1841, t. I, p. 9).

(*e*) Siebold, *Beiträge zur Naturgeschichte der wirbellosen Thiere* (*Neuste Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig*, 1839, t. III).

— Dalyell, *On the Propagation of Scotish Zoophytes* (*Edinburgh New Philosophical Journal*, 1834, t. XVII, p. 411). — *Further Illustrations of the Propagation of Scottish Zoophytes* (*Op. cit.*, 1836, t. XXI, p. 88). — *Rare and Remarkable Animals of Scotland*, 1847, t. I, p. 99 et suiv.

(*f*) Desor, *Lettre sur la génération médusaire des Polypes hydraires* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1849, t. XII, p. 311, pl. 2, fig. 1-6).

(*g*) Agassiz, *Lectures on Comparative Embryology*, 1849, p. 42. — *Contributions to the Nat. Hist. of the United States of America*, 1862, t. IV, p. 105, pl. 10, 10 *a*, 11, 11, *a*.

développant, non pas des Strobiles scissipares, mais des Sertulariens ou autres Polypes hydroïdes, qui se multiplient par gemmation, et produisent ainsi tantôt une nouvelle génération de Métazoaires (1), d'autres fois des Typozoaires dont la structure ne diffère pas de celle des Méduses ordinaires, et dont les œufs donnent naissance à d'autres Planules (2). Il est aussi à noter que, chez certains Acalèphes, l'individu Typozoaire peut se multiplier par bourgeonnement aussi bien que

(1) Ce bourgeonnement peut avoir lieu aussi sur les Strobiles, qui sont susceptibles de se multiplier par scissiparité; et les bourgeons peuvent naître, soit directement sur les parois du corps de l'individu souche, soit sur des stolons qui partent de la base de celui-ci (*a*).

(2) Les Sertulariens, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler comme ayant la faculté de se multiplier par bourgeonnement (*b*), sortent de l'œuf à l'état d'Animalcules ciliés, analogues aux Planules dont il a été question ci-dessus ; puis ils se fixent, et en se développant, deviennent des Polypes hydroïdes qui sont susceptibles de se reproduire sous des formes différentes. Parmi les bourgeons qui en naissent, il en est qui deviennent des individus polypiformes et pourvus de tentacules, ainsi que d'une ouverture buccale. Mais d'autres sont clos, et, en se développant, chacun de ceux-ci forme, par la dilatation de sa gaîne tégumentaire, une sorte de capsule dans l'intérieur de laquelle ils produisent de nouveaux bourgeons en nombre plus ou moins considérable, lesquels bourgeons secondaires constituent, en se développant, tantôt autant de Planules ciliées, ou Sertulariens à l'état de larves mobiles, ainsi que cela été observé par M. Löven ; d'autres fois, de jeunes Médusaires, qui plus tard deviendront sexués, et produiront, soit des vésicules spermatiques, soit des œufs, et procréeront ainsi de nouveaux Sertulariens : par exemple, chez le *Campanularia gelatinosa* (*c*). Ces jeunes Méduses se détachent souvent à l'état de larves ciliées (*d*) ; mais d'autres fois elles acquièrent leur forme typique lorsqu'elles

(*a*) Sars, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1841, t. XVI, p. 342, pl. 15, fig. 37, 42, etc.

(*b*) Voyez ci-dessus, page 314.

(*c*) Löven, *Observations sur le développement et les métamorphoses des genres Campanulaire Synchoryne* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1841, t. XV, p. 157, pl. 8).

(*d*) Ellis, *Hist. nat. des Corallines*, 1756, p. 116, pl. 38.

— Van Beneden, *Mém. sur les Campanulaires de la côte d'Ostende*, pl. 1 et 2 (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, 1844, t. XVII).

— Desor, *Lettre sur la génération médusipare des Polypes hydraires* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1849, t. XII, p. 207, pl. 2, fig. 8-12).

(*e*) Dujardin, *Mém. sur le développement des Méduses et des Polypes hydraires* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1845, t. IV, p. 257, pl. 14 et 15).

— Desor, *Op. cit.*, p. 205, pl. 2, fig. 13-16.

par oviparité, et que les jeunes produits de la sorte sont des Typozoaires, au lieu d'être des Métazoaires, comme ceux développés dans l'intérieur des œufs (1).

Pour nous familiariser avec les faits de cet ordre, il me semble utile de citer encore ici le mode de multiplication des Coralliaires, de la division des Alcyonaires : celle des Gorgones et du Corail, par exemple. Ces Zoophytes se reproduisent à l'aide d'œufs de chacun desquels naît un Métazoaire assez semblable à celui des Méduses dont je viens de parler, et cet Animalcule cilié, après avoir mené pendant quelque temps une vie errante, se fixe sur quelque corps sous-marin (2). Puis il devient le siége d'un travail de gemmation, par suite duquel des Polypes sexués naissent dans son épaisseur et surgissent à sa surface.

Multiplicati des Alcyonnair

sont encore adhérentes au corps de l'individu souche, ainsi que cela a été observé chez les Syncorynes (*a*).

Il arrive aussi parfois que la portion terminale d'un de ces Polypes hydroïdes se sépare de sa base, et constitue un Animal libre et campanuliforme, qui semble être destiné à devenir une Méduse sexuée (*b*).

(1) C'est aussi à Sars que l'on doit la découverte de cette multiplication des Médusaires au moyen de bourgeons. Il constata ce fait chez deux espèces de Gymnophthalmes, le *Cytais octopunctata* (ou *Lizzia octopunctata*, Forbes), et le *Thaumantias multicirrata* (*c*). Plus récemment, E. Forbes observa les mêmes phénomènes chez le *Thaumantias lucida*, le *Lizzia blondina* et le *Sarsia prolifera*. Les bourgeons peuvent naître sur divers points : de la surface des ovaires, du côté de la trompe stomacale, ou à la base des tentacules marginaux du disque natatoire (*d*).

(2) Les premiers naturalistes qui ont observé les larves ciliées des Gorgones et des autres Zoophytes les ont considérées comme étant des œufs doués de facultés locomotrices (*e*). M. Lacaze-Duthiers vient d'en faire une étude très-attentive (*f*).

(*a*) Ce sont ces larves qui ont été décrites par quelques auteurs comme des œufs ciliés. Voy. Grant, *Observ. sur les mouvements spontanés des œufs de plusieurs Zoophytes* (*Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. XIII, p. 52).

(*b*) Nordmann, *Sur les changements de forme que l'âge apporte dans la manière d'être des Campanulaires* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1839, t. IX, p. 704).

(*c*) Sars, *Fauna Norvegica*.

(*d*) E. Forbes, *A Monograph of the British naked-eyed Medusæ*, p. 16 (*Ray Society*, 1858).

(*e*) Cavolini, *Memorie per servire alla storia dei Polipi marini*, 1785, p. 106.
— Grant, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. XIII, p. 52).

(*f*) Lacaze-Duthiers, *Histoire naturelle du Corail*, 1864.

Ici les produits de ce bourgeonnement ne se séparent pas de la nourrice qui les produit, et celle-ci constitue la base organique commune ou sclérosome qui réunit entre eux tous les individus dont l'assemblage forme ces singulières colonies. Chez ces Coralliaires, le Métazoaire n'est donc représenté que par une couche de tissu vivant qui a la faculté de bourgeonner et de produire ainsi des Typozoaires.

Caractères du Métazoaire chez les Animaux supérieurs.

Maintenant supposons par la pensée que ce Métazoaire se développe un peu moins, reste dans l'intérieur de l'œuf, et en bourgeonnant ne donne naissance qu'à un seul Typozoaire, puis cesse d'exister avant que son produit ait acquis sa forme définitive, nous aurons une idée assez juste de ce qui se passe d'ordinaire dans les premiers temps du travail génésique chez les Animaux supérieurs. En effet, le corps celluleux ou granuleux que nous avons vu se développer à la surface du globe vitellin de l'Oiseau ou du Mammifère, et que j'ai désigné sous le nom de *blastoderme*, représente une nourrice de ce genre, et nous allons voir maintenant que, par une sorte de gemmation, il va donner naissance à un Typozoaire, qui sera d'abord un embryon presque informe, mais qui, en grandissant, réalisera peu à peu le mode d'organisation propre aux représentants parfaits de son espèce.

Chez tous ces Animaux, ainsi que je l'ai déjà dit, le nouvel être en voie de formation se montre d'abord sous la forme d'une tache blanchâtre ou disque, appelé *blastoderme*, ou membrane proligère, qui repose sur la surface du globe vitellin. Sa croissance est rapide, et en s'agrandissant, cette couche de matière plastique ne tarde pas à envahir la totalité de cette surface et à constituer une cellule ou sphère creuse dont l'intérieur est occupé par la substance vitelline. Or, cette cellule blastodermique est en réalité un être vivant dont l'activité physiologique va se manifester d'une manière remarquable, et elle me semble pouvoir être considérée comme l'analogue de ces

Métazoaires dont je viens de signaler l'existence chez beaucoup d'Animaux inférieurs : seulement sa structure est beaucoup plus simple que celle de la plupart de ces êtres ; elle n'est pas conformée pour vivre dans le monde extérieur, et elle est destinée à fournir toute sa carrière dans l'intérieur de l'œuf où elle a pris naissance.

Bientôt une autre couche de matière plastique apparaît au-dessous de la première, et adhère à sa face interne dans le point central où celle-ci a commencé à se former, mais s'en sépare dans sa partie périphérique, et en grandissant, elle constitue une seconde cellule incluse dans la première et renfermant le globe vitellin. Les embryologistes la désignent généralement sous le nom de *feuillet muqueux du blastoderme*, et ils appellent *feuillet séreux* la couche externe que je viens de comparer à un Métazoaire.

Pendant que le feuillet interne du blastoderme se développe de la sorte, la cellule métazoïque, ou feuillet séreux, présente dans le point où ce travail embryogénique a commencé, c'est-à-dire au centre de l'espace appelé l'*aire germinative*, un phénomène fort analogue au bourgeonnement, par lequel les Métazoaires produisent des Typozoaires. En effet, ce feuillet blastodermique s'épaissit dans ce point, et le *cumulus* ainsi formé s'avance, non pas vers l'extérieur, comme le font les bourgeons dont il a été question jusqu'ici, mais vers le centre du globe vitellin. Or ce cumulus, qui s'enfonce de la sorte dans l'intérieur de la cellule formée par le feuillet blastodermique dont il naît, constitue, avec le feuillet muqueux du blastoderme auquel il adhère par sa face interne ou ventrale, le premier vestige du corps de l'embryon futur, ou, en d'autres mots, du Typozoaire.

Pendant que cette espèce de bourgeon s'avance ainsi, la partie adjacente de la cellule métazoïque, c'est-à-dire du feuillet séreux du blastoderme, s'accroît rapidement de façon à che-

vaucher au-dessus de la face dorsale de l'embryon naissant, et à transformer en une sorte de bourse la dépression dans laquelle celui-ci s'enfonce. Les bords du repli circulaire ainsi constitués (1), se resserrent de plus en plus, jusqu'à ce que la fossette contenant la partie principale du corps du jeune embryon se ferme complétement, et représente une sorte de kyste membraneux inclus dans le Métazoaire, ou cellule blastodermique primitive, et suspendu à la paroi interne de celui-ci par un pédoncule, dernier vestige de l'entrée de la fosse résultant de l'espèce de bourgeonnement que je viens de décrire (2). Enfin, ce pédoncule se rompt, et alors toute continuité organique cesse entre la cellule externe qui représente le Métazoaire, et le jeune Typozoaire, qui porte à sa face ventrale le globe vitellin et se trouve renfermé dans un sac membraneux auquel on a donné le nom d'*amnios* (3).

Chez les Reptiles et les Oiseaux, le rôle de la cellule méta-

(1) Ce repli se forme tout autour de l'aire germinative, mais il commence aux deux extrémités de l'embryon, et il donne ainsi naissance à deux espèces de voiles appelés *capuchon céphalique* et *capuchon caudal*, qui s'avancent l'un vers l'autre en recouvrant de plus en plus le corps du jeune Animal. Voyez à ce sujet les figures théoriques données par M. Baer et reproduites par beaucoup d'auteurs (*a*).

(2) Quelques auteurs appellent ce détroit l'*ombilic amniotique*, mais cette expression ne me paraît pas heureuse.

(3) L'embryon ne se développe, dans l'intérieur d'un sac de ce genre, que chez les Animaux vertébrés dont j'ai formé le groupe naturel des Allantoïdiens, c'est-à-dire chez les Mammifères, les Oiseaux et les Reptiles. Les Batraciens et les Poissons, de même que tous les Invertébrés, n'ont pas d'amnios. Cette cellule tégumentaire est remplie d'un liquide aqueux dans lequel l'embryon flotte plus ou moins librement, mais il adhère toujours aux parois de cette tunique membraneuse par un prolongement de la peau dont son corps est revêtu. Il y a de la sorte continuité de substance entre ces deux parties, et la membrane amniotique n'est en réalité qu'une sorte de prolongement de la couche cutanée de l'embryon.

C'est chez la Poule que le mode de formation de l'amnios a été, pour la

(*a*) Burdach, *Traité de physiologie*, t. III, pl. 3.

zoïque est alors terminé, et elle ne tarde pas à se désorganiser, puis à disparaître; mais chez les Mammifères, elle continue à vivre, et, après s'être dépouillée de la membrane vitelline qui la recouvrait ou s'être unie à cette tunique, elle se développe pour constituer l'espèce de poche incubatrice appelée *chorion*, dans l'intérieur de laquelle le jeune Animal en voie de formation se trouve renfermé. Une sorte de soudure s'établit ensuite entre des appendices vasculaires de l'embryon et la face interne de cette enveloppe externe, de façon que le Métazoaire et le Typozoaire, après s'être séparés un instant, se réunissent de nouveau; mais cette union ne dure que pendant la vie intra-utérine, et lorsque le jeune Mammifère arrive dans le monde extérieur, il se débarrasse de la cellule métazoïque, et celle-ci cesse d'exister (1).

Particularit dans le développem des Ascidie

Un phénomène analogue a été observé chez les Molluscoïdes de la famille des Ascidies. Le jeune Animal qui naît dans l'œuf

première fois, bien constatée et cette découverte est due à M. Baer (*a*). Plusieurs autres embryologistes du commencement de ce siècle avaient supposé que, chez les Mammifères, cette poche était primitivement une vésicule close dans l'intérieur de laquelle l'embryon s'enfoncerait, et cette opinion a été soutenue par quelques auteurs plus récents (*b*). M. Velpeau a cru que l'embryon se constituait dans l'intérieur de la vésicule amniotique, et que celle-ci se trouait pour laisser passer les appendices ombilicaux (*c*). Mais cette opinion est non moins insoutenable que la précédente, et depuis les recherches de MM. Baer, Thompson, Coste, Bischoff, etc., etc., on est généralement d'accord pour adopter les vues présentées ci-dessus (*d*).

(1) Je reviendrai sur ce sujet lorsque je traiterai du développement des Mammifères et des Oiseaux en particulier. Ici je ne puis présenter que des notions très-sommaires.

(*a*) Baer, *Entwickelungsgeschichte*, t. II. — *Traité de Physiol.*, de Burdach, t. III, p. 216 et suiv.

(*b*) Dœllinger, *Versuch einer Geschichte der menschlichen Zeugung* (Meckel's *Deutsches Archiv für die Physiol.*, 1816, t. II, p. 388).

— Pœkels, *Neue Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des menschlichen Embryo* (*Isis*, 1825, p. 1342).

— Serres, *Observations sur le développement de l'amnios chez l'Homme* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1809, t. XI, p. 234).

(*c*) Velpeau, *Ovologie*, p. 25.

(*d*) Thompson, *Contributions to the Hist. of the Structure of the Human Ovum* (*Edinburgh Med. and Surg. Journal*, 1839, t. LII, p. 19).

— Bischoff, *Traité du développement de l'Homme et des Mammifères*, 1843, p. 123, etc.

ressemble, par sa forme, à ces Cercaires dont j'ai déjà parlé en traitant des générations alternantes des Douves (1) ; mais bientôt ce petit être se fixe sur quelque corps sous-marin, perd sa queue, et subit dans sa structure intérieure des changements considérables. Son corps, de forme ovoïde, se sépare en deux portions parfaitement distinctes, l'une superficielle et constituant une cellule tégumentaire comparable à un sac métazoïque, l'autre intérieure, également utriculaire, et contenant la masse vitelline. Ces deux cellules vivantes n'ont alors entre elles aucun lien organique, mais, par suite du travail de développement dont elles sont le siége, elles se soudent ensemble à l'extrémité antérieure du corps, et forment de nouveau un seul être, ainsi que nous venons de le voir pour le chorion et l'embryon des Mammifères. Chez ceux-ci, cette union n'est que temporaire, la portion métazoïque du jeune Animal n'a qu'une existence très-courte, et c'est la portion typozoïque qui bientôt constitue à elle seule la totalité de l'organisme. Chez les Ascidies, au contraire, la portion métazoïque ne se détruit pas, et continue à être une partie constitutive du nouvel individu dont elle forme la tunique tégumentaire (2).

Développement direct d'un Typozoaire.

Enfin, chez beaucoup d'autres Animaux, la séparation entre la portion métazoïque et la typozoïque du produit engendré ne s'effectue jamais, et la totalité du nouvel être en voie de développement concourt à la formation de l'organisme parfait. Cela se voit chez les Batraciens, les Poissons et la plupart des Animaux invertébrés.

(1) Voyez ci-dessus, page 410.

(2) J'ai étudié avec beaucoup d'attention ces phénomènes chez quelques Ascidies de nos côtes, où l'indépendance temporaire de la sphère interne par rapport à l'enveloppe externe était facile à constater par les changements de position de la première (a).

(a) Milne Edwards, *Observations sur les Ascidies composées des côtes de la Manche*, p. 36, pl. 5 (*Mém. de l'Acad. des sciences*, t. XVIII).

Nous voyons donc qu'il existe, dans le Règne animal, une multitude de nuances dans le degré d'indépendance des produits du travail zoogénique dont l'œuf est le siége, ainsi que dans le mode d'apparition de ces produits, qui se montrent tantôt successivement, tantôt d'une manière simultanée, et qui peuvent avoir une même durée, ou bien être séparés par suite de la mort de l'un d'eux à une epoque où l'autre est encore apte à vivre pendant longtemps. Ce sont donc des différences en plus ou en moins qui n'impliquent aucune dissemblance fondamentale quant au mode de transmission de la vie dans la série des individus appartenant à une même espèce. Il en est de même pour ce qui concerne le degré de complication organique des divers termes de cette série, et de l'aptitude des êtres, qui représentent ces termes, à vivre d'une manière plus ou moins indépendante. Résumé.

Le phénomène des générations alternantes, quelque singulier qu'il puisse nous paraître au premier abord, se rattache donc étroitement aux phénomènes généraux du développement des Animaux par voie de génération ordinaire; seulement, dans un cas, le second produit principal du travail zoogénique, celui que j'ai appelé le Métazoaire, ne se perfectionne que peu, ne remplit qu'un rôle très-court dans l'intérieur de l'œuf, et ne fournit qu'un seul Typozoaire; tandis que dans l'autre cas il se perfectionne beaucoup, il devient apte à mener pendant longtemps une vie errante avant que de donner naissance à l'individu typique qui réalise la forme la plus complète de la lignée d'êtres dont il descend, et il est apte à produire plusieurs individus de cette dernière catégorie, ou même un certain nombre de jeunes Métazoaires dont sortira plus tard la nouvelle génération de Typozoaires.

Chez les trois sortes d'êtres, le Protoblaste, le Métazoaire et le Typozoaire, qui naissent les uns des autres par voie de génération continue, et qui forment une série de termes en connexion

avec les termes précédents et suivants au moyen de la génération discontinue seulement, la faculté reproductrice se manifeste avec des degrés de puissance variables, et le travail zoogénique qui en dépend, est tantôt monosomique, d'autres fois polysomique. Ainsi le Protoblaste, ou l'œuf qui constitue le premier terme de cette série, peut se multiplier de façon à produire d'autres œufs, comme nous l'avons vu chez les Mermis, ou bien ne donner naissance qu'à un Métazoaire unique, ainsi que cela a lieu chez la plupart des Animaux ; et ce Métazoaire peut à son tour produire un nombre plus ou moins considérable d'autres Métazoaires qui seront la souche d'autant d'individus typozoïques, ou ne fournir qu'un seul représentant typique de son espèce. Enfin, ces deux termes de la série spécifique, le Métazoaire et le Typozoaire, au lieu d'être parfaitement distincts entre eux et de se succéder, de façon que le premier périt lorsque le second n'est pas encore parvenu à un développement complet, peuvent se confondre plus ou moins intimement entre eux, et ne constituer qu'un individu zoologique unique.

Je suis porté à croire que beaucoup de phénomènes tératologiques dépendent de ce que, dans certains cas, le travail génésique effectué par le Métazoaire, au lieu d'être monosomique, comme d'ordinaire, devient polysomique ; de sorte qu'un même blastoderme, au lieu de produire un embryon unique, comme cela a lieu normalement chez tous les Animaux supérieurs, donne naissance à deux ou à plusieurs de ces corps, qui, en grandissant, se soudent entre eux, et constituent ainsi des monstres doubles ou triples dans la portion de l'organisme où cette fusion n'a pas eu lieu, mais simples là où elle s'est opérée de bonne heure. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux recherches que M. Lereboullet vient de publier sur la production des monstruosités chez les Poissons, et je ferai remarquer seulement combien il est intéressant de voir que les êtres

anormaux de cette classe, dont la formation dépend de causes que nous ignorons, ont un mode d'origine analogue à celui qui est normal dans d'autres groupes du Règne animal (1).

§ 6. — Lorsque l'individu typozoïque commence à se constituer, sa structure est toujours très-simple ; mais à mesure qu'il se développe, son organisme se complique plus ou moins, et cette complication croissante, qui est une condition de perfectionnement, résulte de trois choses : 1° des transformations qui s'opèrent dans la substance vivante, et qui amènent le développement d'un plus ou moins grand nombre de tissus distincts par leurs caractères anatomiques, ainsi que par leurs propriétés physiologiques ; 2° de la manière dont ces tissus sont mis en œuvre pour la constitution des instruments physiologiques appelés organes, et de la conformation de ceux-ci ; 3° du mode de groupement de ces organes en un seul tout, qui est l'individu zoologique.

Phénomène histogénique

(1) Il résulte des observations de M. Lereboullet, que, chez les Poissons, la monstruosité par duplicité est toujours primordiale. Le blastoderme unique, après avoir constitué autour du vitellus une sorte de bourse représentant ce que j'appelle un Métazoaire, produit sur son bord un bourrelet embryogène, qui d'ordinaire ne donne naissance qu'à un seul tubercule, ou bourgeon typozoïque, destiné à devenir l'embryon du jeune Poisson ; mais dans les cas tératologiques dont il est ici question, deux ou quelquefois même trois de ces bourgeons y surgissent, et, par suite de leur développement, ces tubercules embryogènes venant à se rencontrer par leur base, s'y confondent entre eux, tandis que leur sommet reste libre dans une étendue plus ou moins considérable. Là où les bourgeons ainsi groupés conservent leur individualité, ils produisent les parties correspondantes d'autant d'embryons distincts ; mais là où ils sont unis, ils ne donnent chacun naissance qu'à une portion de la région correspondante de l'organisme, et ces portions d'origine différente coalescent de façon à donner, en dernier résultat, un corps unique en continuité physiologique avec deux ou trois têtes distinctes. Les différences qui se présentent chez les divers monstres par excès paraissent dépendre principalement de l'étendue de la soudure primitive des bourgeons embryogènes (a).

(a) Lereboullet, *Recherches sur les monstruosités du Brochet observées dans l'œuf, et sur leur mode de production* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1861, t. XVI, p. 359 ; 1863, t. XX, p. 129, pl. 2 et 3).

L'étude comparative des tissus, qui sont pour ainsi dire les matériaux primaires de l'organisme, n'a que peu occupé l'attention des naturalistes avant le commencement du siècle actuel. A cette époque, un des hommes dont l'école française se glorifie à juste titre, Bichat, l'envisagea d'une manière large et philosophique, mais les moyens d'observation dont il disposait étaient trop imparfaits pour lui permettre de l'approfondir beaucoup, et jusqu'en ces derniers temps cette branche des sciences naturelles, appelée tantôt *anatomie générale*, d'autres fois *histologie*, était restée presque stationnaire (1). Les perfection-

(1) Les anatomistes de l'antiquité, Aristote et Galien, par exemple, avaient reconnu que, parmi les matériaux dont les diverses parties du corps humain sont composées, les uns sont semblables entre eux, tandis que d'autres diffèrent ; mais ils n'avaient à ce sujet que des idées très-vagues. Au XVIe siècle, Fallope insista davantage sur ces analogies, et il chercha même à établir un système de classification pour les divers tissus qui concourent à la formation de l'organisme (*a*). Vers le milieu du siècle suivant, Malpighi (*b*) et Leeuwenhoeek (*c*), en s'aidant du microscope, abordèrent l'étude de la structure intime de ces matériaux constitutifs de l'économie animale (*d*). Ils furent suivis dans cette voie par quelques autres anatomistes, tels que Muys et Fontana (*e*). Haller, par ses recherches expérimentales, contribua aussi à mettre en évidence la similitude des propriétés physiologiques de certaines parties et les différences qui les distinguent de quelques autres tissus (*f*). Mais l'étude comparative de ces divers matériaux constitutifs de l'organisme et de leur classification naturelle ne prit corps qu'entre les mains de Bichat, dont les recherches sur l'anatomie générale font époque en histologie (*g*). En 1823, Béclard publia un autre

(*a*) Fallope, *Lectiones de partibus similaribus humani corporis liber singularis*, 1575.

(*b*) Voyez tome I, page 41.

(*c*) Voyez tome I, page 42.

(*d*) Les observations microscopiques de Leeuwenhoeek sur divers tissus sont disséminées dans un grand nombre d'articles insérés tant dans les *Transactions philosophiques de la Société royale de Londres* que dans les recueils intitulés : *Arcana naturæ delecta*.

— Les recherches histologiques de Malpighi sont consignées dans son traité *sur la structure des viscères* (*Opera omnia*, t. II), et dans son travail *sur les glandes* (*Opera posthuma*).

(*e*) Muys, *Investigatio fabricæ quæ in partibus musculos componentibus exstat*, in-4°. Lugduni Batavorum, 1741.

— Fontana, *Observations sur la structure primitive du corps animal* (*Traité du venin de la Vipère*, 1781, t. II, p. 187).

(*f*) Haller, *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*, 4 vol. in-12, 1756.

(*g*) Bichat, *Dissertation sur les membranes et sur leurs rapports généraux d'organisation* (*Mém. de la Société médicale d'émulation*, t. II). — *Traité des membranes*, 1800. — *Traité d'anatomie générale*, 4 vol. in-8, 1802.

nements apportés au microscope, il y a une trentaine d'années, rendirent les recherches de ce genre plus fructueuses, et vers 1838 deux savants allemands, M. Schleiden et M. Schwann, y imprimèrent une forte impulsion. Elle a été l'objet d'une multitude d'observations et d'un nombre presque aussi grand de publications; mais ses progrès n'ont pas été aussi considérables qu'on pourrait le croire au premier abord, car l'interprétation des faits a été trop souvent subordonnée à des vues théoriques, et des généralisations prématurées ont mis en circulation plus d'une hypothèse dénuée de base solide et même beaucoup d'idées fausses. La plupart des questions les plus importantes touchant la genèse des différents tissus sont encore entourées d'une obscurité profonde, et, dans l'état actuel de la science, on ne peut s'en occuper utilement qu'à la condition de discuter à fond tous les éléments de conviction pour chaque cas particulier (1). Je ne m'y arrêterai donc que peu ici, me réservant de revenir

traité d'anatomie générale, et précédemment Meckel avait également écrit sur le même sujet; mais ni l'un ni l'autre de ces auteurs n'ajoutèrent beaucoup à nos connaissances (*a*). Vers 1823, lorsque l'on commença à employer de nouveau le microscope, je cherchai à me rendre compte de la conformation des éléments anatomiques des différents tissus ; mais les instruments dont je disposais étaient si imparfaits, que je ne pouvais me préserver de beaucoup d'illusions d'optique, et mes essais ne furent pas heureux (*b*): aussi ne fais-je mention ici de ce travail que pour expliquer pourquoi je ne l'emploierai pas dans le cours de ces Leçons. Les mêmes remarques s'appliquent aux autres publications de cette époque (*c*).

(1) Malgré ces réserves, je n'en reconnais pas moins que les travaux de Schwann (*d*) et des micrographes de son école font époque dans l'histoire de l'histologie, et ont changé complétement la face de cette branche des sciences naturelles. C'est principalement en Allemagne que l'on s'en est

(*a*) J. Meckel, *Handbuch der menschlichen Anatomie*, 1816, t. I. — *Manuel d'anatomie*, traduit par Jourdan et Breschet, 1825, t. I, p. 1 à 563.

— P. Béclard, *Éléments d'anatomie générale*, 1823.

(*b*) Milne Edwards, *Mém. sur la structure élémentaire des principaux tissus organiques des Animaux* (*Archives générales de médecine*, 1823, t. III, p. 165).

(*c*) Treviranus, *Ueber die organischen Elementa des thierischen Körpers* (*Vermischte Schriften*, 1816, t. I, p. 117).

— Heussinger, *Histologie*. Eisenach, 1824.

(*d*) Schwann, *Mikroscopischen Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Strucktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen*. Berlin, 1838, 1839. — *Rech. sur la conformité de structure et d'accroissement des Animaux et des Plantes*. (*Ann. sc. nat*, 1842, t. XVII, p. 5).

sur plusieurs de ces points à mesure que nous aurons besoin de les élucider.

Théorie cellulaire de Schwann.

Suivant M. Schwann, dont les idées sont assez généralement adoptées en Allemagne, les éléments primordiaux de l'organisme seraient pour les Animaux, aussi bien que pour les Plantes, des cellules ou utricules, et ces cellules se formeraient toujours de la manière suivante. Au sein d'une substance organisable, mais homogène et sans structure, que l'on a appelé *cytoblastème*, une certaine quantité de matière vivante se concentrerait de façon à constituer un *nucléole* autour duquel un nouveau dépôt de matières organiques aurait lieu et donnerait naissance à un corpuscule enveloppant, nommé *noyau*. Celui-ci serait ensuite entouré d'une nouvelle couche de matière organique distincte du cytoblastème circonvoisin; des liquides et d'autres matières introduites sous cette enveloppe extérieure s'interposeraient entre elle et la majeure partie de la surface du noyau, de façon à les éloigner entre elles partout, excepté sur un point où leur adhérence ne serait pas détruite. La partie superficielle de ce système de couches concentriques se solidifierait alors de façon à constituer une membrane utriculaire ou cellule qui renfermerait le noyau fixé à sa surface interne,

occupé, et, parmi les auteurs qui ont publié sur ce sujet les travaux les plus importants, je dois citer en première ligne MM. Valentin, Henle et Kölliker (*a*).

Un tableau historique de ces recherches et des opinions très-diverses qui ont été soutenues, tant sur la structure que sur la genèse des parties élémentaires des tissus, se trouve dans le grand ouvrage de M. Mandl, et nous conduit jusqu'en 1847 (*b*); pour l'indication des recherches plus récentes, je renverrai au traité d'histologie de M. Kölliker, dont nous possédons en France une bonne traduction, et aux citations que l'on trouvera dans les pages suivantes de ce livre.

(*a*) Valentin, *Entwickelungsgeschicht gewebe des menschlichen und thierischen Körpers* (Wagner's *Handwörterbuch der Physiol.*, 1842, t. I, p. 617).
— Henle, *Allgemeine Anatomie*, 1841 ; *Traité d'anatomie générale*, trad. par Jourdan, 1843, 2 vol.
— Kölliker, *Microscopische Anatomie*, 1850-1854 ; — *Éléments d'histologie humaine*, 1855.
(*b*) Mandl, *Anatomie microscopique*, 2 vol. in-fol., 1838-1847.

et les liquides ou autres matières déjà mentionnées, ainsi que des produits nouveaux qui pourraient résulter du travail physiologique dont elle serait le siége. Les utricules produites de la sorte seraient les seuls matériaux constitutifs de l'organisme, mais ne se comporteraient pas toujours de la même manière : tantôt elles resteraient libres et mobiles, comme le sont les globules du sang ; d'autres fois elles se souderaient entre elles sans perdre leur individualité ni leur forme vésiculaire, et donneraient ainsi naissance à un tissu aréolaire semblable au tissu cellulaire des plantes ; d'autres fois encore, l'union entre les cellules serait portée plus loin, et, tout en conservant leurs cavités respectives, elles seraient confondues dans leurs parties pariétales, ainsi que cela se voit dans le tissu cartilagineux ; ailleurs les cellules, en s'allongeant suivant un ou plusieurs sens, se transformeraient en fibres de la nature de celles que nous offrent le tissu connectif, les tendons, etc. ; enfin, dans d'autres cas, les cellules primordiales, après s'être soudées entre elles par séries, perdraient leurs parois dans les points de jonction, de façon à former des cylindres à cavité contenue, dans l'intérieur desquels des produits particuliers, tels que la substance musculaire ou la matière nerveuse, se développeraient et donneraient naissance aux fibres correspondantes.

Dans divers cas, quelques-uns des tissus organiques dont il vient d'être question peuvent se développer de la sorte ; mais ces phénomènes histogéniques sont loin d'avoir la généralité qui leur a été attribuée, et il me semble bien démontré que souvent le mode de formation des éléments anatomiques de l'économie animale est très-différent. En se plaçant à un certain point de vue, on peut dire avec vérité que tout, dans l'organisme vivant, est cellule ou provenant de cellules, puisque l'œuf est une cellule, et que la substance du germe, à une certaine période de son existence, paraît être composée uniquement d'utricules de cet ordre ; mais il est beaucoup de tissus qui ne

naissent pas directement de cellules, et beaucoup de cellules qui ne se constituent pas autour d'un noyau; enfin, c'est par un singulier abus de mots qu'on appelle cytoblastes, ou noyaux de cellules, beaucoup de corpuscules qui n'ont point et qui n'auront jamais d'enveloppe utriculaire (1).

Blastème. La substance organique primordiale que l'on désigne souvent sous le nom de *blastème* (2), est une matière albuminoïde, semi-fluide et hyaline, ou faiblement granuleuse, qui n'offre au microscope aucune trace de lamelles, de fibres ou d'autres formes histologiques déterminées, mais qui est douée d'une certaine activité physiologique, et qui, en se développant, est

(1) Pour qu'un corpuscule, ou sphérule, de matière organique soit susceptible de recevoir légitimement le nom de cellule, il faut qu'il soit creusé d'une cavité occupée, ou par un fluide, ou par une substance distincte de celle dont ses parois sont formées; or, dans beaucoup de cas, les corpuscules appelés cellules par les histologistes n'offrent rien de semblable et paraissent être de petites masses homogènes; on ne peut apercevoir ni cavité dans leur intérieur, ni tunique à leur surface. Pour généraliser les conclusions relatives à l'origine cellulaire de tous les tissus organiques, on a donc été obligé d'appliquer le nom de cellule, non-seulement à des utricules, mais à des globules qui n'ont rien de cellulaire dans leur structure. Ainsi, l'auteur d'un des meilleurs ouvrages d'histologie que nous ayons, M. Leydig, déclare que rien ne lui paraît plus difficile que de définir la cellule, car les corpuscules en question ne sont pas toujours des utricules, et pour les caractériser, il se borne à signaler leur petitesse extrême et la puissance physiologique dont ils sont doués, puissance en vertu de laquelle ils s'approprient les matières qui leur sont nécessaires et sont autant de centres d'action (*a*). M. E. Brücke insiste davantage sur le peu de justesse de cette dénomination, et pense qu'aujourd'hui le mot *cellule* devrait être abandonné en histologie, ou ne recevoir qu'une application restreinte (*b*).

(2) De βλάστημα, germe. Beaucoup d'auteurs appelent cette substance primitive *cytoblastème*, parce qu'elle est le germe des cellules. M. Mandl a proposé de l'appeler plutôt *blastème*, parce que, suivant ce micrographe, les éléments qui s'y développent ne méritent pas en général cette dénomination (*c*), opinion que je partage pleinement.

(*a*) Leydig, *Lehrbuch der Histologie*, 1857, p. 9.

(*b*) E. Brucke, *Die Elementarorganismen* (*Sitzungsbericht der Wiener Akad.*, 1861, t. XLIV, p. 381).

(*c*) Mandl, *Manuel d'anatomie générale*, 1843, p. 549.

susceptible de constituer des tissus très-variés. Je me garde bien de dire qu'elle soit réellement amorphe, mais les moyens d'observation dont nous disposons ne nous permettent pas d'y reconnaître un mode d'organisation quelconque, et la vie ne s'y manifeste que par les transformations qu'elle subit.

§ 7. — Une des formes secondaires que revêt cette substance primordiale est caractérisée par le développement de certaines propriétés vitales plutôt que par des particularités de structure appréciables. Elle constitue alors une matière d'aspect gélatineux, qui reste hyaline et homogène en apparence, mais qui devient susceptible d'exécuter des mouvements spontanés ; on la voit se contracter dans tous les sens et s'étendre lentement, tantôt en longues expansions lobiformes, tantôt en appendices filiformes, soit simples, soit rameux, qui se soudent et se confondent entre eux dans leurs points de contact ; souvent elle se creuse intérieurement de vacuoles dont l'existence est temporaire, et ni ces cavités adventives ni sa surface extérieure ne sont limitées par des membranes ou lames distinctes de la matière sous-jacente. Un des micrographes les plus habiles de notre époque, Félix Dujardin, fut le premier à faire de cette substance vivante, mais en apparence amorphe, une étude approfondie, et il la désigna sous le nom de *sarcode* (1). Chez quelques Animaux inférieurs, tels que les Amibes et les Rhizopodes, une grande partie du corps, ou même le corps Sarcode.

(1) Dujardin s'est laissé entraîner à de grandes exagérations relatives au rôle du sarcode dans la constitution des Infusoires et de beaucoup d'autres Animaux inférieurs ; mais ses observations sur les caractères et les propriétés de cette matière vivante chez les Rhizopodes et les Amibes (*a*) me paraissent très-bonnes, et méritent plus d'attention qu'on ne leur en accorde aujourd'hui.

(*a*) Dujardin, *Mémoire sur la substance charnue, glutineuse des Animaux inférieurs, pour laquelle a été proposé le nom de sarcode* (*Ann. françaises et étrangères d'anatomie*, t. III, p. 65). — *Recherches sur les organismes inférieurs* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1835, t. IV, p. 343). — *Observations sur les Éponges, et en particulier sur la Spongille* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1838, t. X, p. 5).

tout entier est composé de cette matière contractile et hyaline. On la retrouve aussi chez les Hydres (1). Enfin, elle paraît se rencontrer dans quelques parties de l'organisme des Animaux, même les plus élevés (2). Ainsi, nous avons déjà vu que les corpuscules plasmiques du sang semblent être formés de sarcode ou de quelque chose qui s'en rapproche beaucoup (3).

§ 8. — D'autres fois le blastème, ou substance organique primordiale, ne devient pas contractile comme le sarcode, mais se condense inégalement par points, de façon à prendre une apparence plus granuleuse, et à constituer un tissu amorphe que j'appellerai *blastoïde*, afin de rappeler sa ressemblance avec la matière histogénique dont elle provient.

Dans certains cas, cette substance blastoïde se condense en une lame mince et continue qui devient distincte des parties adjacentes, et qui constitue ces membranes anhistes que nous avons déjà vues tapisser la surface interne des vaisseaux sanguins (4), et s'étendre sous le tissu utriculaire des membranes muqueuses, où elle forme ce que M. Bowman a appelé la membrane basilaire, ou membrane fondamentale (5).

Tissus utriculaires.

§ 9. — D'ordinaire, cependant, le développement des tissus vivants ne se fait pas de la sorte, et le travail histogénique semble se localiser sur une multitude de points plus ou moins éloignés entre eux, qui deviennent autant de centres d'activité

(1) Voyez à ce sujet les observations de M. Ecker sur l'Hydre d'eau douce (*a*).

(2) J'ai souvent constaté des mouvements analogues à ceux du sarcode dans la substance amorphe dont se compose la couche tégumentaire de l'embryon chez les Ascidies composées (*b*).

(3) Voyez tome I, p. 72 et 102.

(4) Voyez tome III, page 568.

(5) Voyez tome VI, page 9.

(*a*) A. Ecker, *Zur Lehre vom Bau und Leben der contractilen Substanz der niedersten Thiere*. Basles, 1848.

(*b*) Milne Edwards, *Observations sur les Ascidies composées des côtes de la Manche*, 1841, p. 37, pl. 4 et 5 (extrait des *Mém. de l'Acad. des sciences*, t. XVIII).

vitale, et qui donnent naissance à ces corpuscules que j'ai appelés *organites élémentaires*, parce qu'ils sont les matériaux organisés simples de la machine animée, et qu'ils ont chacun leur individualité anatomique et physiologique.

En général, ces organites élémentaires se montrent d'abord sous la forme de globules ou de granules composés en majeure partie de matière albuminoïde (1); ils constituent alors ce que la plupart des histologistes du moment actuel appellent des *noyaux* de cellules ou des *cytoblastes*, c'est-à-dire des germes de cellules.

Souvent ils méritent pleinement ce nom, car la matière blastoïde adjacente, en se développant ou se condensant à leur surface, les entoure d'une sphère membraniforme, et constitue ainsi une utricule ou cellule proprement dite, dont la cavité, en grandissant, se remplit de matières particulières, suivant la nature de l'organite. Le corpuscule primordial au noyau reste pendant un temps plus ou moins long adhérent à la face interne de cette capsule ou vésicule; il semble aussi jouer un rôle important dans les phénomènes chimiques et histogéniques dont cette utricule est le siége; mais quelquefois il disparaît com-

(1) Plusieurs hypothèses ont été émises relativement au mode de formation de ces corpuscules primordiaux que l'on désigne souvent sous le nom de *granulations élémentaires*. Quelques histologistes les considèrent comme des vésicules produites par une gouttelette de graisse enveloppée dans une membrane (*a*), opinion dont j'ai déjà eu l'occasion de parler (*b*). D'autres ont pensé que la forme globulaire des matières organisées élémentaires était une conséquence de la solidification des substances albuminoïdes, qui serait comparable aux phénomènes de la cristallisation des matières inorganiques et indépendante de toute action vitale (*c*).

(*a*) Ascherson, *Ueber die physiologischen Nutzen der Fettstoffe* (Müller's *Archiv für Anat., und Physiol.*, 1840, p. 44).
— Henle, *Traité d'anatomie générale*, 1843, t. I, p. 162.
(*b*) Voyez tome I, page 351.
(*c*) Milne Edwards, *Recherches microscopiques sur la structure intime des tissus organiques des Animaux* (*Ann. des sciences nat.*, 1826, t. IX, p. 392).
— Hartig, *Études microscopiques sur les précipités et leurs métamorphoses* (*Bulletin des sciences nat. en Néerlande*, 1840, p. 287).

plétement après un certain temps. Enfin, il est aussi à noter que sa substance, au lieu d'être homogène en apparence, est souvent diversifiée de façon à constituer un ou même plusieurs granules intérieurs nommés *nucléoles*.

Ces organites, à l'état de globules élémentaires ou de cellules, peuvent rester libres et flotter au milieu d'un liquide interorganique, ainsi que nous l'avons vu en étudiant les différentes sortes de corpuscules dont le sang est chargé (1). Ce sont aussi des organites analogues qui, isolés dans les interstices du tissu connectif, y constituent les vésicules adipeuses dont il a été question dans une des précédentes leçons (2), et lorsque nous nous occuperons spécialement du système tégumentaire, nous en verrons d'autres qui sont spécialement chargés de sécréter certaines matières pigmentaires. Enfin ce sont également des cellules libres qui constituent les ovules naissants, ainsi que les vésicules spermatogènes, dont nous avons déjà passé en revue les fonctions (3). Mais dans une foule d'autres circonstances, les organites utriculaires, soit seuls, soit associés à d'autres produits du développement de la matière blastoïde, sont réunis entre eux de façon à former des agrégats massifs ou des expansions lamelleuses, et à donner naissance à divers matériaux secondaires ou complexes de l'économie animale. C'est dans cette catégorie de tissus que rentrent l'épiderme qui constitue la partie superficielle de la peau (4), et la couche épithéliale qui occupe la surface des membranes muqueuses et tapisse toutes les cavités glandulaires

(1) Voyez tome I, page 41 et suivantes.

(2) Voyez tome VII, page 203 et suivantes.

(3) Voyez ci-dessus, page 350.

(4) La structure utriculaire de l'épiderme se distingue de la manière la plus nette chez l'*Amphioxus* (a). Je reviendrai sur ce sujet, lorsque je traiterai du système tégumentaire.

(a) Voyez Quatrefages, *Mém. sur l'Amphioxus* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, t. IV, pl. 11 et 12)

dont l'étude nous a occupés précédemment (1). Nous aurons bientôt l'occasion de voir que des utricules analogues, soudées entre elles, jouent un rôle important dans la constitution de la charpente solide de divers Animaux, et constituent, par exemple, la substance subcartilagineuse que j'appellerai *Protochondre* (2).

D'autres fois, des organites utriculaires simples se trouvent disséminés et comme empâtés dans une masse de substance blastoïde amorphe, disposition dont le tissu cartilagineux nous offrira bientôt un exemple remarquable (3). Tissus scléreux.

Des organites analogues, mais qui n'ont pas d'une manière aussi nette le caractère vésiculaire, et qui présentent un grand nombre de prolongements rameux, sont disposés à peu près de la même manière au sein de la substance osseuse. En ce moment il serait prématuré de nous occuper de la structure interne du tissu solide qui est constitué de la sorte, et dans

(1) Voyez tome 7, page 199.

(2) Par exemple, dans la corde dorsale de l'embryon d'un Poisson (*a*), d'un Batracien (*b*) et tout autre Vertébré (*c*), et dans la colonne rachidienne de l'*Amphioxus* (*d*).

(3) Lorsque nous étudierons le squelette, je reviendrai sur les caractères histologiques des cartilages, et ici je me bornerai à indiquer quelques figures qui sont propres à en donner une idée exacte (*e*).

(*a*) Voyez Vogt, *Embryologie des Salmones*, p. 100, pl. 6, fig. 138.

(*b*) Voyez Schwann, *Mikroscopische Untersuchungen*, 1839.

— Prévost et Lebert, *Mém. sur la formation des organes de la circulation, etc., dans les Batraciens* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. I, pl. 10, fig. 17 et 18).

(*c*) Voyez Kölliker, *Mikroscopische Anatomie*, p. 346.

(*d*) Voyez Quatrefages, *Mémoire sur l'Amphioxus* (*Ann. des sciences naturelles*, 3e série, 1845, t. IV, pl. 12, fig. 1, 4, 5).

(*e*) Meckauer, *De penitiori cartilaginum structura symbolæ*. Breslaw, 1836, pl. 1, fig. 1, 2.

— Schwann, *Op. cit.*

— Gerber, *Handbuch der allgemeinen Anatomie*, 1840.

— Henle, *Traité d'anatomie générale*, t. II, p. 361, pl. 5, fig. 6.

— Mandl, *Anatomie microscopique*, t. I, pl. 14, fig. 11 et 12.

— Valenciennes, *Recherches sur la structure du tissu élémentaire des cartilages des Poissons et des Mollusques* (*Archives du Muséum*, t. V, pl. 21-25).

— Leidy, *On the intimate Structure and History of Articular Cartilage* (*American Journal of Medical Science*, 1849, fig. 1 et 2).

— Quekett, *Descriptive and illustrated Catalogue of the Histological Series contained in the Museum of the Roy. College of Surgeons prepared for the Microscope*, 1855, t. II, pl. 1, 2, etc.

— Kölliker, *Éléments d'histologie*, p. 69, fig. 22 et 23.

une prochaine Leçon nous nous y arrêterons, lorsque nous examinerons la constitution du squelette.

§ 10. — D'autres organites formés également par un globule primordial, ou noyau entouré de matière blastoïde amorphe, organites que la plupart des histologistes appellent aussi des cellules, ne me paraissent pas être limités par une tunique membraneuse, et ne me semblent pas devoir être confondus avec les utricules élémentaires. Déjà, dans cette Leçon, un exemple de corpuscules de ce genre nous a été fourni par les sphérules développées pendant les premiers temps du fractionnement du germe dans l'œuf fécondé (1), et les matériaux constitutifs du tissu connectif me paraissent offrir des caractères analogues, si ce n'est que la substance blastoïde amorphe, au lieu d'entourer d'une couche uniforme la substance nucléolaire, et de former ainsi une sphère, se prolonge dans divers sens de façon à constituer des filaments centrifuges. Il en résulte que ces corpuscules deviennent fusiformes ou étoilés, et lorsque leurs appendices, venant à se rencontrer, se soudent entre eux, ils donnent naissance à une trame aréolaire dont les lacunes irrégulières communiquent ensemble, et logent, soit des liquides ou de la matière blastoïde hyaline, soit d'autres organites, tels que des vésicules graisseuses (2). Parfois les filaments réticulaires ainsi constitués se consolident par la fixation de la fibrine ou de quelque principe albuminoïde analogue, et elles constituent alors un tissu particulier appelé *tissu élastique*. Telle est la substance dont se compose la *membrane fenêtrée* que nous

(1) Voyez ci-dessus, page 403.

(2) Comme exemple d'un tissu conjonctif aréolaire constitué de la sorte par des corpuscules nucléiformes entourés d'une matière blastoïde amorphe qui s'étend en trabécules filiformes au milieu d'une substance granuleuse et semi-fluide, je citerai le tissu sous-cutané des Méduses (a), le tissu conjonctif rétiforme de l'allantoïde (b).

(a) Voyez Leydig, *Lehrbuch der Histologie*, p. 24, fig. 9.
(b) Voyez Kölliker, *Éléments d'histologie*, p. 77, fig. 32.

vons déjà rencontrée dans les parois des artères (1). D'autres ois la portion périphérique de ces organites à noyau distinct, u la substance blastoïde adjacente, se résout en filaments plus ins qui sont disposés en faisceaux, et elle donne ainsi naissance au tissu *conjonctif*, dont nous avons déjà vu la disposition énérale (2). Ces faisceaux de fibrilles, d'une consistance molle, affectent d'ordinaire la forme de brides ou de lamelles ui s'entrecroisent irrégulièrement de façon à circonscrire des spaces ou lacunes occupées par des liquides, et à réunir entre ux les organes adjacents (3). Le tissu aréolaire ainsi produit eut se condenser en forme de lame membraneuse, sans cesser 'offrir la structure feutrée dont je viens de parler ; mais 'autres fois ses fibrilles élémentaires se disposent en faisceaux arallèles, et, en se consolidant, deviennent les matériaux constitutifs des *tissus tendineux* et *aponévrotiques* dont l'étude nous ccupera plus tard.

La totalité, ou tout au moins la majeure partie de la substance onstitutive de ces tissus fibrillaires ne paraît pas affecter la rme d'utricules avant d'acquérir sa structure caractéristique, t, dans beaucoup de cas, son mode d'organisation définitif e me semble pas pouvoir être considéré comme dépendant de influence histogénique des corpuscules épars que l'on appelle ommunément les noyaux. Je pense aussi que le développement des cellules proprement dites n'est pas nécessairement é à la préexistence de ces noyaux, et peut se faire par un tre procédé. En effet, chez les Animaux inférieurs, on voit ouvent des vacuoles se creuser dans la substance sarcodique morphe là où rien n'indique la présence d'un noyau de ce enre, et parfois les cavités pratiquées de la sorte se tapissent 'une couche membraniforme qui devient bien distincte du

(1) Voyez tome III, page 513.

(2) Voyez tome IV, page 399.

(3) Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux traités spéciaux d'histologie les plus récents, notamment à celui de M. Kölliker.

tissu circonvoisin. C'est ainsi, et non par la formation d'utricules qui deviendraient ensuite confluentes, que chez les Spongiaires le système des canaux aquifères se constitue, et il me paraît bien probable que, dans certains cas, des utricules peuvent naître de la même manière au milieu de la substance blastoïde.

Dans toute la famille naturelle de tissus dont nous nous occupons ici, c'est-à-dire dans les tissus cartilagineux, osseux et fibreux que l'on peut réunir sous le nom commun de *tissus scléreux* (1), ainsi que dans le tissu connectif et ses dérivés, les organites primordiaux, soit qu'ils affectent la forme d'utricules, soit qu'ils consistent en sphérules ou autres agrégats dépourvus d'une enveloppe membraneuse ou paroi distincte, n'occupent en général que peu de place, et la majeure partie de la substance organisée appartient à la matière intermédiaire ou intercellulaire. C'est cette matière qui donne à ces tissus leurs caractères les plus importants, tant au point de vue anatomique et physiologique que sous le rapport de leur composition chimique ; et à ce sujet, je ne dois pas omettre de dire que les principaux tissus scléreux, de même que le tissu conjonctif et ses dérivés membraniformes, ont cela de particulier que, soumis à l'action de l'eau bouillante, ils fournissent de la gélatine, matière que les autres tissus organiques ne sont pas susceptibles de produire. Il est aussi à noter que tous ces tissus sont plus ou moins aptes à se suppléer mutuellement dans la constitution des êtres organisés, et que des phénomènes d'ossification peuvent se développer dans chacun d'eux.

Tissu musculaire.

§ 11. — Des organites d'un autre ordre sont les fibres musculaires, parties dont la substance est formée essentiellement du

(1) Cette dénomination a été employée à peu près dans la même acception par quelques anatomistes (*a*).

(*a*) Laurent, *Mém. sur les tissus animaux en général, et sur les tissus élastiques et contractiles en particulier* (*Ann. françaises et étrangères d'anatomie*, 1837, t. I, p. 57).

principe immédiat albuminoïde appelé *fibrine*, que nous avons déjà rencontré dans le plasma du sang (1). Ils sont caractérisés aussi par leurs propriétés contractiles, et ils affectent toujours la forme de cylindres ou de corpuscules allongés et atténués aux deux bouts en manière de fuseau. On distingue souvent dans ces fils en voie de développement, ou même chez ceux qui sont arrivés à l'état parfait, un ou plusieurs corpuscules intérieurs analogues à ceux dont il a été déjà si souvent question sous le nom de noyaux, et la plupart des histologistes les considèrent comme étant des cellules; mais ils ne me paraissent avoir jamais une structure nettement utriculaire, et la substance qui entoure leur noyau me semble d'abord homogène, puis disposée à se fractionner, soit longitudinalement, en fibrilles, soit transversalement, en disques superposés. Dans une prochaine leçon, nous reviendrons sur l'histoire de ce tissu, et nous en étudierons la structure.

§ 12. — Enfin, le tissu nerveux est également distinct de tous les précédents; il est toujours riche en principes albuminoïdes et en matières grasses d'une nature particulière, et il affecte tantôt la forme d'utricules, tantôt celle de fibres ou cylindres, comme nous le verrons par la suite. Tissu nerveux.

§ 13. — Les divers organites que nous venons de passer en revue sont susceptibles de naître de différentes manières. Ainsi que nous l'avons déjà vu, les cellules ou les sphérules pleines qui les constituent peuvent apparaître isolément et libres au milieu de la matière blastémique (2); mais en général ils se Histogenèse.

(1) Voyez tome Ier, page 157.

(2) Dans certains cas, les granules élémentaires qui sont les points de départ de ce phénomène histogénique paraissent avoir pris naissance dans l'intérieur d'un organite dont la destruction a précédé leur métamorphose. Ainsi, d'après MM. Lebert et Prévost, les cellules constitutives du tissu pseudochondrique de la corde dorsale ne seraient autre chose que les corpuscules contenus dans les globules organoplastiques de l'œuf, qui, mis en liberté par la destruction des parois

multiplient par suite de la scission d'un organite préexistant (1), ou d'une portion de cet organite contenue dans l'intérieur de la vésicule mère, lorsque ce corpuscule a une structure utriculaire (2). Ce phénomène a la plus grande analogie avec celui du fractionnement de la substance germinale de l'œuf, ou de la production des cellules vitellines, et probablement il n'en diffère pas. Dans le tissu cartilagineux, il est souvent assez facile à observer (3). Ainsi que je l'ai déjà dit plus d'une fois, c'est dans l'intérieur de ces divers organites que les principaux phénomènes du travail nutritif paraissent avoir leur siége; mais il y a lieu de penser que dans certains cas ils peuvent agir d'une manière analogue sur les substances adjacentes et en modifier les propriétés (4).

de ces vésicules, se développeraient de façon à devenir eux-mêmes des utricules (*a*).

(1) Par exemple, pour la multiplication des globules du sang chez l'embryon (*b*).

(2) M. Kanstein a cherché à établir que la multiplication des cellules est toujours endogène; que l'utricule se formerait d'abord, puis produirait le noyau, qui serait aussi une cellule, et qui donnerait naissance à une autre cellule incluse, ou nucléole (*c*). Dans certains cas, des emboîtements de ce genre ont lieu, mais aujourd'hui personne ne pourrait admettre que le travail cytogénique s'effectue toujours de la sorte.

(3) Pour plus de détails à ce sujet, je me bornerai ici à renvoyer aux ouvrages spéciaux sur l'histologie qui ont paru récemment (*d*). La multiplication endogène des cellules a été observée aussi d'une manière bien nette dans les corpuscules spléniques, dont l'étude nous a occupés dans une précédente Leçon (*e*).

(4) M. Remak pense que toutes les cellules ont deux membranes tégumentaires (*f*), et M. Kölliker, sans admettre cette généralisation, admet que dans certains cas les utricules peuvent se revêtir d'une enveloppe secondaire par l'effet d'une sorte de sécrétion extérieure (*g*).

(*a*) Prévost et Lebert, *Mém. sur le développement des organes de la circulation* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. I, p. 204).

(*b*) Voyez tome I, page 342.

(*c*) H. Kanstein, *De cella vitali*. Berlin, 1843.

(*d*) Mandl, *Anatomie microscopique*, t. II, p. 33 et suiv.
— Kölliker, *Traité d'histologie*, p. 23 et suiv.

(*e*) Voyez tome VII, page 249.

(*f*) Remak, *Ueber runde Blutgerinnsel und über pigmentkugelhaltige Zellen* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1852, p. 115).

(*g*) Kölliker, *Op. cit.*, p. 41

§ 14. — Les matériaux primaires de l'organisme ne se présentent que rarement seuls ; presque toujours deux ou plusieurs s'associent plus ou moins intimement pour constituer ce que l'on pourrait appeler des tissus secondaires. Ainsi, le tissu connectif et ses dérivés se trouvent mêlés au tissu musculaire ainsi qu'au tissu nerveux, dans presque tous les instruments physiologiques constitués par l'une ou l'autre de ces substances, et, dans beaucoup de membranes telles que plusieurs de celles dont l'étude nous a déjà occupés (1), le tissu connectif, le tissu blastoïde et le tissu utriculaire sont réunis. Il en résulte que la classification des tissus n'est pas aussi rigoureuse qu'on pourrait le croire au premier abord. Mais, en général, on peut rapporter chacun de ces tissus plus ou moins complexes à celui des éléments anatomiques qui domine dans sa composition. Tissus secondaires

§ 15. — En résumé, nous voyons que les matériaux anatomiques, soit primaires, soit secondaires, employés par la Nature dans la constitution du corps des Animaux, et devant par conséquent être produits par l'organisme en voie de développement, peuvent être rangés en cinq classes principales, savoir : Classification des tissus primitifs.

1° Les tissus sarcodiques, qui sont amorphes, au moins en apparence.

2° Les tissus utriculaires, caractérisés par la forme vésiculaire de leurs organites, et doués ordinairement de la faculté de sécréter dans l'intérieur de ces cellules des matières spéciales.

3° Les tissus conjonctifs et scléreux, qui consistent en trabécules, en filaments ou en une substance aréolaire, qui sont d'ordinaire susceptibles de se transformer en gélatine, et qui

(1) Par exemple, les membranes séreuses, telles que le péritoine (*a*), le péricarde (*b*) ou la plèvre (*c*), et les membranes muqueuses (*d*), la peau, etc.

(*a*) Voyez tome VI, page 4.
(*b*) Voyez tome II, page 409.
(*c*) Voyez tome III, page 311.
(*d*) Voyez tome VI, page 7.

servent principalement comme moyen d'union ou de consolidation.

4° Le tissu musculaire, qui se compose de fibres contractiles, et qui est formé principalement de fibrine.

5° Le tissu nerveux, qui se compose de fils cylindriques en connexion avec des cellules particulières.

Du reste, en étudiant ces parties constitutives du corps des Animaux, il ne faut jamais oublier que ceux-ci sont des associations d'une multitude d'individus qui sont autant de foyers de puissance physiologique. Les organites élémentaires de l'économie animale, cellules, sphérules, globules ou fibres, quel que soit le nom sous lequel on les désigne et la forme qu'ils affectent, ont chacun une vie qui leur est propre; chacun s'accroît, se nourrit, agit conformément à sa nature particulière, puis meurt d'une manière plus ou moins indépendante de ses coassociés ou de l'espèce de compagnie formée par l'union de tous. La comparaison que j'ai souvent employée au commencement de ces Leçons, pour donner une idée du mode de constitution des êtres animés, est applicable à ces parties élémentaires aussi bien qu'aux instruments plus complexes que nous avons appelés *organes* ou *appareils*. Ce sont tous des ouvriers qui travaillent ensemble, soit d'une façon identique, soit de mille manières différentes, et dont l'association représente une sorte d'usine qui a son individualité, son existence propre et son rôle dans la société; qui renouvelle peu à peu son personnel sans changer de caractère; qui grandit ou dépérit suivant les circonstances; qui se transforme parfois; qui peut perdre plusieurs bras sans interrompre ses travaux, mais qui s'arrête et meurt quand un trop grand nombre de ses membres, ou même certains d'entre eux seulement cessent de remplir leurs fonctions. Tout Animal est une association d'organes vivants qui réagissent les uns sur les autres, et tout organe est à son tour une association d'individualités ou organites qui fonctionnent en commun,

mais qui ont chacun une vie qui leur est propre. Ces organites ne paraissent différer que peu d'un Animal à un autre, mais leur mode d'association varie, et c'est surtout à raison des différences dans les combinaisons de ces associations à divers degrés que chaque espèce zoologique possède des propriétés et des caractères anatomiques qui lui sont propres. Ces particularités ne sont que faiblement indiquées au début de l'existence de l'être vivant, mais elles se prononcent de plus en plus à mesure que celui-ci se développe et se perfectionne, ainsi que nous le verrons bientôt lorsque nous étudierons l'évolution de l'embryon.

§ 16. — Ces notions générales étant acquises, nous aborderons l'histoire particulière de la reproduction dans chacun des principaux groupes zoologiques. Mais ici il me paraît utile de ne pas suivre la marche adoptée dans la première partie de ce cours pour l'étude des fonctions de nutrition, et au lieu de commencer par les rangs inférieurs du Règne animal, je prendrai d'abord en considération l'embranchement des Vertébrés, car c'est là seulement que nos connaissances sont arrivées à un degré de perfection suffisant pour nous permettre d'être à la fois bref et positif.

SOIXANTE-QUINZIÈME LEÇON.

De l'appareil de la reproduction et de ses produits chez les Animaux vertébrés ovipares.

Caractères généraux de l'appareil reproducteur des Vertébrés.

§ 1. — Dans l'embranchement des Vertébrés, la reproduction est toujours sexuelle ; la multiplication des individus n'a jamais lieu ni par gemmation, ni par scissiparité, et le travail génésique fondamental est toujours localisé dans deux organes glandulaires dont les produits sont réciproquement complémentaires : un ovaire et un testicule. Toujours, ou tout au moins presque toujours, ces organes essentiels ne coexistent pas chez le même Animal (1) ; les sexes sont séparés, mais il y a une analogie remarquable entre l'appareil mâle et l'appareil femelle. Ils se composent de parties correspondantes dont la similitude est d'autant plus grande, que leur structure est plus simple ; et dans les rangs inférieurs de ce groupe zoologique, de même que chez divers Animaux invertébrés, la ressemblance est si parfaite entre le mâle et la femelle, que pour reconnaître les sexes, il faut avoir recours à l'examen des produits génésiques lorsque ceux-ci sont déjà arrivés à un certain degré de maturité. Ainsi, chez les Poissons de la famille des Lamproies, les organes mâles ne peuvent être distingués des organes femelles, ni chez les jeunes individus, ni chez les adultes, lorsque ces organes ne sont pas dans une période d'activité fonctionnelle, et à l'époque du frai ils ne sont différenciés que par les œufs, qui se développent dans les uns, et la laitance ou liqueur séminale, qui se forme dans les autres (2).

(1) Voyez ci-dessus, page 370.

(2) C'est à cause de cette similitude entre les ovaires et les testicules que plusieurs anatomistes ont méconnu le caractère dioïque des Lamproies, et ont considéré ces Poissons comme étant

Du reste, chez tous les Vertébrés, même chez ceux des rangs les plus élevés, il paraît en être de même jusqu'à une certaine période de la vie de l'embryon. Lorsque les organes de la reproduction commencent à se constituer chez celui-ci, les caractères sexuels ne s'y montrent pas encore, et c'est en employant un fonds commun que la Nature produit tantôt un mâle, d'autres fois une femelle. Ainsi, dans l'espèce humaine aussi bien que chez le Poulet, les organes génitaux tant extérieurs qu'internes sont d'abord identiques en apparence chez tous les embryons, et c'est seulement à une certaine période de leur développement qu'ils deviennent plus ou moins dissemblables chez le mâle et la femelle (1).

Chez tous les Animaux de cet embranchement, les organes essentiels de la reproduction, c'est-à-dire les ovaires chez la

hermaphrodites (a), opinion qui fut combattue par Magendie et Desmoulins, et qui est aujourd'hui reconnue fausse (b). A l'époque du frai (avril et mai), les ovaires sont remplis d'œufs dont le vitellus est jaunâtre et les testicules regorgent d'un liquide spermatique blanchâtre renfermé dans des vésicules ; mais après l'évacuation de ces produits génésiques, les organes reproducteurs perdent leurs caractères distinctifs, et les sexes deviennent de nouveau très-difficiles à reconnaître (b).

(1) Les observations de M. Kobelt tendent même à établir que, dans la première période du développement de l'appareil génital, il y a uniformité de composition chez tous les individus, et que les différences s'introduisent plus tard par suite de l'atrophie de certaines parties et du développement considérable de quelques autres, suivant que l'embryon se caractérise comme mâle ou comme femelle (c). Je reviendrai sur ce sujet lorsque je traiterai des organes de la génération chez les Batraciens, les Oiseaux et les Mammifères.

(a) Home, *On the Mode of Generation of the Lamprey and Myxine* (*Philos. Trans.*, 1815, p. 266). — *Lectures on Compar. Anat.*, t. IV, pl. 143, fig. 1.)

(b) Magendie et Desmoulins, *Note sur l'anatomie de la Lamproie* (*Journal de physiologie expérimentale*, 1822, t. II, p. 224).

— Mayer, *Analekten zur vergleichenden Anatomie*, 1835, p. 8.

— Panizza, *Sulla Lampreda marina* (*Mem. dell'Instituto Lombardo*. Milano, 1845, t. II, p. 25).

— Schleusser, *De Petromyzontum et Anguillarum sexu*. Dorpat, 1848.

— Vogt et Pappenheim, *Recherches sur l'anatomie comparée des organes de la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1859, t. XI, p. 368).

(c) Kobelt, *Der Neben-Eierstock des Weibes*. Heidelberg, 1847.

femelle, et les testicules chez le mâle, sont logés dans la cavité abdominale ou dans des dépendances de cette chambre viscérale (1), et sont recouverts en totalité ou en partie par le péritoine (2). Toujours aussi les produits de ces glandes sont évacués par des orifices qui sont situés dans le voisinage de l'anus et des ouvertures par lesquelles l'urine s'échappe au dehors, ou qui se confondent même avec ces émonctoires. D'ordinaire toute la portion profonde de l'appareil est double et symétrique chez la femelle aussi bien que chez le mâle, et lorsque cette disposition n'existe pas, la symétrie résulte de l'atrophie de l'une des moitiés plus fréquemment que d'un phénomène de coalescence ; mais pour les parties extérieures et celles qui les avoisinent, il en est souvent autrement, et ces organes sexuels, tout en restant symétriques, deviennent impairs et médians.

Les différences qu'on y remarque sont nombreuses et importantes, mais elles résultent principalement des divers degrés de complication amenés par le perfectionnement croissant de cet ensemble d'instruments physiologiques. Elles n'affectent que peu les parties fondamentales de ce double appareil, c'est-à-dire les ovaires et les testicules ; elles portent pour la plupart sur des parties dont le rôle est secondaire, notamment sur les organes qui concourent à assurer l'utilisation des produits génésiques, soit en les conduisant au dehors ou en leur

(1) Ainsi que nous le verrons bientôt, les bourses qui logent les testicules chez la plupart des Mammifères sont des appendices de la cavité abdominale.

Chez les Poissons de la famille des Pleuronectes, les ovaires, ainsi que les testicules, se prolongent très-loin postérieurement, dans l'épaisseur de la queue (a), sous la colonne vertébrale, mais l'espace qui les y loge est aussi une dépendance de la cavité abdominale.

(2) Voyez tome VI, page 4.

(a) Exemples : *Pleuronectes flesus* ; voy. Carus et Otto, *Tabulæ Anatomiam comparativam illustrantes*, pars V, pl. 4, fig. 1.

— *Solea vulgaris* ; voy. Hyrtl, *Beiträge zur Morphologie der Urogenital-Organe der Fische* (*Denkschrift der Wiener wissensch. Acad.*, 1850, t. I, pl. 53, fig. 1).

fournissant des matières complémentaires, soit en facilitant le phénomène de la fécondation, ou bien encore en contribuant à la réalisation des conditions nécessaires au développement des jeunes.

§ 2. — Dans la classe des Poissons, l'appareil génital femelle est parfois d'une simplicité extrême, et il ne présente jamais une complication bien grande (1). Il affecte d'ailleurs trois formes différentes : tantôt il n'est constitué que par les ovaires, et l'évacuation des œufs n'est confiée à aucun organe spécial, mais s'effectue par l'intermédiaire de la chambre viscérale commune ; d'autres fois il existe un oviducte, mais ce conduit n'est formé que par une portion de l'ovaire qui est disposée en manière de sac et s'ouvre au dehors ; enfin, dans d'autres cas, la division du travail physiologique est poussée plus loin, et il existe un oviducte spécial qui est indépendant de l'ovaire. **Appareil reproducteur des Poissons.**

L'*Amphioxus* est de tous les Animaux vertébrés celui dont l'appareil reproducteur est le moins perfectionné. Les ovaires de la femelle, de même que les testicules du mâle, sont attachés à la voûte de la grande cavité viscérale, de chaque côté du plan médian du corps. Ils sont fermés de tous côtés et recouverts par le péritoine ; aucun tube n'en part pour conduire les œufs au dehors, et ces corps, lorsqu'ils sont arrivés **Amphioxus.**

(1) L'appareil de la reproduction des Poissons a été l'objet de plusieurs travaux anatomiques très-importants, parmi lesquels je citerai en première ligne ceux de Cavolini, de Rathke de M. Hyrtl, de MM. Vogt et Pappenheim, de M. Lereboullet et de M. Martin Saint-Ange (*a*).

(*a*) Cavolini, *Memoria sulla generazione dei Pesci e dei Granchi*. Napoli, 1787.
— Rathke, *Ueber die Geschlechtstheile der Fische* (*Beiträge zur Geschichte der Thierwelt*, 1824, t. II, p. 117 à 210, pl. 5.) — *Ueber das Ei einiger Lachsarten* (Meckel's *Archiv für Anatomie*, 1832, p. 392). — *Zur Anatomie der Fische* (Muller's *Archiv*, 1836, p. 170).
— Hyrtl, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Vienne*, 1850, t. I, p. 391, pl. 52 et 53).
— Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XI, p. 331).
— Lereboullet, *Recherches sur les organes génitaux des Animaux vertébrés* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII).
— Martin Saint-Ange, *Étude de l'appareil reproducteur dans les cinq classes d'Animaux vertébrés* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, t. XIV).

à maturité, s'en détachent et tombent dans la cavité de l'abdomen, où ils restent en liberté jusqu'à ce qu'ils soient entraînés au dehors par le courant expiratoire qui vient des branchies et se dirige vers le pore abdominal situé dans le voisinage de l'anus (1). La chambre viscérale, qui est destinée essentiellement à loger l'appareil digestif, remplit donc ici trois fonctions différentes ; tout en servant à protéger les viscères, elle fait office de conduit expirateur et d'oviducte (2). Chez le mâle, la liqueur séminale suit la même route et s'échappe aussi par le pore abdominal (3).

Lamproies, etc.

Un degré de plus dans la division du travail physiologique se fait remarquer chez les Lamproies et les autres Cyclostomes. Chez ces Poissons, c'est aussi la cavité péritonéale qui tient lieu d'oviducte et de conduit excréteur de la semence, mais cette cavité n'est plus mise à contribution pour le service de la respiration ; le courant formé par l'eau expirée s'échappe au dehors sans pénétrer dans l'abdomen, et les orifices qui font communiquer le sac péritonéal avec l'extérieur sont spéciale-

(1) Voyez tome II, page 201.

(2) Les ovaires de l'*Amphioxus* occupent toute la longueur de la cavité abdominale, en arrière de l'appareil respiratoire ; ils sont pourvus d'une tunique propre, et la portion du péritoine qui les recouvre est d'une couleur brunâtre. Les œufs sont faciles à voir à l'état de liberté dans la cavité abdominale, et leur sortie par l'orifice expirateur a été souvent constatée. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux publications dont l'*Amphioxus* a été l'objet il y a une vingtaine d'années (*a*).

(3) Les premières observations sur la liqueur séminale de l'*Amphioxus* sont dues à M. Kölliker, qui a donné des figures des spermatozoïdes de cet animal (*b*).

(*a*) Costa, *Cenni zoologicæ*, p. 49.
— Yarrel, *Hist. of British Fishes*, t. II, p. 620.
— Retzius, voyez *Bericht der Akad. der Wissensch. zu Berlin*, 1839.
— Rathke, *Bemerkungen über den Bau des* Amphioxus lanceolatus, 1841, p. 25.
— J. Müller, *Ueber den Bau und die Lebenserscheinung des* Branchiostoma lubricum (Costa) ; Amphioxus lanceolatus (Yarr) (*Mém. de l'Acad. de Berlin pour* 1842, p. 79).
— Quatrefages, *Mém. sur le système nerveux*, etc., *de l'*Amphioxus (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1845, t. IV, p. 207).
(*b*) Kölliker, *Ueber das Geruchsorgan von* Amphioxus (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1843, p. 32, pl. 2, fig. 3).

ment affectés à l'excrétion des produits de la génération (1). L'ovaire, logé dans un repli du péritoine et suspendu ainsi à la voûte de la chambre viscérale, au-dessous des reins, affecte la forme d'un ruban froncé et replié sur lui-même transversalement d'une manière très-irrégulière. Il s'étend depuis le voisinage de la tête jusqu'auprès de l'anus, et, à l'époque de la reproduction, les œufs, en nombre très-considérable, se déve-

(1) Ce mode d'évacuation des œufs chez la Lamproie a été très-bien indiqué par Duméril. Il avait été observé aussi par Hunter et par Home (*a*). Plus récemment, la disposition de l'appareil de la reproduction de ces Poissons et des autres Cyclostomes a été étudiée d'une manière plus approfondie par Rathke, J. Müller et quelques autres anatomistes (*b*).

Chez les Myxines (*c*) et les Bdellostomes (*d*), l'appareil de la génération est constitué de la même manière que chez les Lamproies. L'ovaire est renfermé dans une longue bande du péritoine qui est située du côté droit de l'intestin, et qui présente un grand nombre de replis transversaux. Les œufs tombent dans la cavité péritonéale, et sont évacués par les pores abdominaux, qui, situés sur les côtés du rectum, vont déboucher au devant des orifices des uretères, dans le méat génito-urinaire placé derrière l'anus.

Chez le Lamproyon, les pores abdominaux sont si petits, que pendant longtemps ils ont échappé aux recherches des anatomistes (*e*). Ils se trouvent de chaque côté de l'anus entre cette ouverture et le repli de la peau qui l'entoure (*f*).

Chez les Myxines, les canaux péritonéaux qui servent à l'évacuation des œufs sont également rudimentaires; mais, au lieu de déboucher isolément sur les côtés de l'anus, ils se réunissent à un orifice commun situé sur la ligne médiane entre l'anus et les orifices urinaires, dans la fente cloacale (*g*).

(*a*) C. Duméril, *Dissert. sur la famille des Poissons cyclostomes*, suivie d'un *Mémoire sur l'anatomie des Lamproies*, in-8, 1812, p. 85.
— Hunter; voy. *The Descript. and Illustr. Catalogue of the Physiol. Series of Comp. Anat. contained in the Museum of the R. College of Surgeons of London*, t. IV, pl. 59.
— Home, *Lectures on Comparative Anatomy*, t. IV, pl. 143, fig. 3.
(*b*) Rathke, *Bemerkungen über den innern Bau des Querders* (Ammocetes branchialis) *und des kleinen Neunauges* (Petromyzon Planeri) (*Beiträge zur Geschichte der Thierwelt*, 1827, t. IV, p. 94, pl. 2, fig. 7 et 8).
(*c*) Müller, *Untersuchungen über die Eingeweide der Fische*, 1845 (*Mém. de l'Acad. des sciences de Berlin pour* 1843).
— Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 155, pl. 15, fig. 2 et 3.
(*d*) Müller, *Op. cit.*
(*e*) Rathke, *Beiträge zur Geschichte der Thierwelt*, 1827, t. IV, p. 94.
(*f*) Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, t. XI, p. 368).
— Martin Saint-Ange, *Étude de l'appareil reproducteur* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.*, 1856, t. XIV, p. 157, pl. 15, fig. 3).
(*g*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 164, pl. 16.

loppent dans son épaisseur, puis font saillie à sa surface, et enfin s'en détachent pour tomber dans le sac péritonéal, et sortir de celui-ci par les pores abdominaux déjà mentionnés. La disposition du testicule est la même; cette glande spermatique est aussi formée par un ruban longitudinal de tissu sécréteur suspendu dans un repli du péritoine (1).

Anguilles, Salmones, etc.

Les Cyclostomes ne sont pas les seuls Poissons proprement dits dont l'appareil reproducteur soit constitué de la sorte. Le même mode d'organisation se retrouve chez quelques Poissons osseux; mais chez ceux-ci cet état d'imperfection est plus rare chez le mâle que chez la femelle. Dans la famille des Anguilles, les tubes évacuateurs manquent dans les deux sexes (2). Chez les Salmones et les Notoptères, de même que chez les Lamproies, les œufs tombent dans la chambre viscérale, et traversent cette cavité pour sortir par les pores péritonéaux (3): mais, ainsi que nous le verrons bientôt, les produits des organes mâles ne suivent pas la même route, et sont transportés au dehors par des canaux particuliers. Les orifices qui mettent

(1) Chez la Lamproie marine, les replis transversaux qui renferment les œufs se disposent de chaque côté de l'intestin, ainsi que cela a été très-bien représenté par M. Panizza (*a*).

(2) Chez les Anguilles, les ovaires ressemblent beaucoup à ceux de la Lamproie, si ce n'est qu'ils sont séparés sur la ligne médiane de façon à être pairs. Les pores péritonéaux qui livrent passage aux œufs sont situés sur les côtés de l'anus (*b*).

(3) La découverte de ce mode d'évacuation des œufs chez les Salmones est due à Carus. Cet anatomiste le constata chez la Truite et le Saumon (*c*); plus récemment M. Vogt l'a observé chez une autre espèce de la même famille: la Palée (*d*).

M. Valenciennes a trouvé que l'évacuation des œufs se fait de la même manière chez les Notoptères, poissons de la famille des Harengs qui habitent les eaux douces dans l'Inde (*e*).

(*a*) Panizza, *Sulla Lampreda marina* (*Mem. dell'Instituto Lombardo*. Milano, 1845, t. II, pl. 2, fig. 1 et 2).

(*b*) Voyez les figures faites par Hunter et publiées dans *The Descriptive and Illustrated Catalogue of the Physiological Series of Comparative Anatomy contained in the Museum of the R. College of Surgeons of London*, 1838, t. IV, pl. 60.

(*c*) Carus, *Traité d'anatomie comparée*, trad. par Jourdan, 1835, t. II, p. 396.

(*d*) Vogt et Agassiz, *Anatomie des Salmones* p. 76 (extrait des *Mém. de la Société des sc. nat. de Neuchâtel*, t. III).

(*e*) Cuvier et Valenciennes, *Histoire naturelle des Poissons*, t. XXI, p. 128.

la cavité abdominale en communication avec l'extérieur, et qui livrent passage aux œufs, affectent la forme de deux canaux très-courts qui se réunissent entre eux pour déboucher au dehors par un pore unique et médian situé derrière l'anus (1). Il est aussi à noter que chez ces Poissons la portion du sac péritonéal qui reçoit les œufs pour les transporter au dehors est revêtue d'un épithélium vibratile (2), disposition qui n'existe pas chez les espèces où l'appareil de la génération est pourvu de conduits excréteurs propres.

Chez les Éperlans, un repli du péritoine, qui ressemble à un ligament, se détache de l'ovaire de façon à circonscrire entre la face externe de cet organe et la portion adjacente de la paroi abdominale un espace destiné spécialement à recevoir les œufs et à les conduire vers le pore abdominal (3), disposition qui

(1) Cet orifice est pratiqué dans une grosse papille conique qui se trouve derrière l'anus, et qui contient aussi l'ouverture des voies urinaires (*a*).

Les ovaires, comme d'ordinaire, sont au nombre de deux et s'étendent depuis la tête jusqu'à l'anus. Ils consistent en une multitude de feuillets ovifères disposés transversalement et fixés, par leur base seulement, sur un repli du péritoine qui les laisse libres dans le reste de leur étendue (*b*), au lieu de les recouvrir entièrement comme chez les Poissons où cette membrane constitue, pour chaque ovaire, une tunique complète en forme de sac.

(2) L'existence de ces cils vibratiles à la surface du péritoine, dans toute la portion de la cavité abdominale où les œufs peuvent arriver, a été constatée chez les Salmones par M. Vogt (*c*).

(3) La constatation de cette particularité anatomique chez les Salmones du genre *Osmerus*, ou Éperlan, est due à Rathke (*Op. cit.*, t. II, p. 259).

Chez la Loche (*Cobitis fossilis*), il existe une disposition analogue. L'ovaire est creusé de façon à constituer une gouttière dont les bords se réunissent à la paroi de l'abdomen, et circonscrivent ainsi un espace qui remplit les fonctions d'un oviducte (*d*).

Chez l'*Acanthopsis tænia*, l'oviducte est également incomplet, et n'est représenté que par un repli du péritoine (*e*).

(*a*) Carus et Otto, *Tabulæ Anatomiam comparativam illustrantes*, pars V, pl. 4, fig. 3, 4, 5.

(*b*) Exemples : *Salmo fario* ; voy. Carus et Otto, *Op. cit.*, pl. 4, fig. 2 et 3.

— *Coregonus palea* ; voy. Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1859, t. XI, p. 359, pl. 9, fig. 6).

(*c*) Agassiz et Vogt, *Anatomie des Salmones*, p. 86.

— Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1859, série 4, t. XI, p. 360).

(*d*) Hyrtl, *Beiträge zur Morphologie der Urogenital-Organe der Fische* (*Denkschrift. der Wiener Akad.*, 1850, t. I, p. 404).

(*e*) Hyrtl, *loc. cit.*, p. 404.

semble être un acheminement vers le mode d'organisation qui est dominant dans la classe des Poissons.

Ovaires des Poissons osseux ordinaires.

En effet, chez la plupart des Poissons osseux, le prolongement péritonéal qui donne attache aux appendices foliacés dont l'ovaire est composé se prolonge en dessous, puis en dehors et en haut, de façon à recouvrir de tous côtés ces lames et à les renfermer dans une poche membraneuse. Chaque ovaire, considéré dans son ensemble, représente alors un sac dont les parois sont garnies intérieurement par les appendices ovifères qui sont à nu chez les Cyclostomes et les Salmones, et dont la cavité, subdivisée latéralement en petites loges par ces replis foliacés, reste libre au centre et y constitue un réservoir où les œufs tombent lorsqu'ils se détachent du tissu ovigénique. Le sac ainsi formé est clos dans presque toute son étendue; mais en arrière il se prolonge jusqu'aux bords de l'orifice excréteur, et communique avec le dehors par l'intermédiaire de cette ouverture. Par suite de cette disposition, qui est comparable aux effets résultant d'un reploiement de la bande ovarique sur elle-même et de la jonction du bord inférieur et libre de celle-ci avec son bord rachidien et fixe, l'ovaire, au lieu d'être une glande pleine, devient un organe creux, et sa cavité, en débouchant au dehors, devient un oviducte, c'est-à-dire un conduit évacuateur servant à la sortie des œufs. Ce conduit est donc formé par la portion terminale de l'ovaire lui-même, et il ne devient distinct de la portion ovigénique de cet organe que lorsqu'il se prolonge plus ou moins loin au delà du point où le stroma ovigénique cesse de tapisser les parois du sac membraneux commun à la partie productrice et à la partie évacuatrice de l'appareil.

Ce mode d'organisation est facile à reconnaître lorsque les feuillets ovigènes sont peu nombreux et le sac ovarien grand, ainsi que cela se voit chez les Blennies, où aucune ligne de démarcation ne sépare entre elles la portion élargie et réceptacu-

laire de ce sac et sa partie vestibulaire. L'organe entier ressemble alors à une vessie dont le col constituerait l'oviducte, et dont le fond serait garni latéralement de replis ovifères (1).

Chez d'autres espèces, la séparation est plus tranchée, et le col du sac ovarien, venant à s'allonger, prend la forme d'un tube évacuateur; l'oviducte est alors bien caractérisé, et parfois sa structure se complique d'une manière remarquable (2).

Les principales différences que l'on rencontre dans le mode d'organisation de l'appareil femelle des Poissons osseux dépendent du degré de coalescence des deux moitiés de cet appareil sur le plan médian, du point où l'oviducte se sépare de l'ovaire et des divers degrés de perfectionnement que ce conduit excréteur peut offrir.

Chez quelques-uns de ces Animaux, l'ovaire et ses dépendances avortent d'un côté du corps, en sorte que l'appareil femelle, devenu impair et asymétrique, se trouve rejeté d'un seul côté de l'abdomen : par exemple, chez la Perche fluviatile (3), la Blennie vivipare et le Gunnel, ou *Centronotus gunnellus* (4). Dans d'autres espèces, les ovaires, sans manquer complétement d'un côté, sont très-inégaux, et l'un d'eux

(1) Chez le *Blennius gattorugine*, ces sacs ovariens sont grands, mais ne renferment qu'un petit nombre de plis et de rugosités ovigères qui sont disposés longitudinalement (*a*).

(2) Chez quelques Poissons, les replis ovifères sont multilobés et très-nombreux (*b*).

(3) L'ovaire de la Perche fluviatile constitue un énorme sac membraneux qui s'étend dans presque toute la longueur de l'abdomen, à côté de l'intestin à gauche; mais il ne renferme qu'une vingtaine de feuillets ovigères, lesquels sont disposés transversalement. Le col de ce sac, qui constitue l'oviducte, est très-court et va déboucher directement au dehors par un orifice particulier situé entre l'anus et l'ouverture urinaire (*c*).

(4) Chez l'*Ophidium barbatum* (*d*), et chez les *Zoarces*, ou *Blennius vivi-*

(*a*) Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XI, p. 358, pl. 1 B, fig. 5).
(*b*) Par exemple, chez l'*Orthagoriscus mola*; voyez Home, *Lectures on Comp. Anat.*, t. VI, pl. 51, fig. 1.
(*c*) Cuvier, *Histoire naturelle des Poissons*, t. I, pl. 8, fig. 1 et 2.
(*d*) Hyrtl, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. de Vienne*, 1850, t. I, p. 407, pl. 53, fig. 10.

est réduit à l'état rudimentaire, ainsi que cela se voit chez l'Auxide commune, dans la famille des Scombéroïdes, et chez le Mormyre (1).

En général, les deux moitiés de l'appareil se développent à peu près également et ne se réunissent que dans leur portion terminale ; quelquefois même elles restent séparées dans toute leur longueur, et des différences de cet ordre se rencontrent parfois chez des Poissons qui appartiennent à une même famille (2). Il est aussi à noter que souvent les oviductes, au lieu de s'ouvrir directement au dehors par un pore génital particulier,

parus (a), l'ovaire est unique, mais symétrique.

L'ovaire de la Pœcilie de Surinam, qui consiste en un grand sac membraneux garni intérieurement d'appendices ovigères foliacés, et communiquant au dehors par un col (ou *oviducte*) court et large, a été décrit par Duvernoy comme présentant aussi ce caractère anormal (b). Mais M. Hyrtl a trouvé que cet organe est divisé entièrement en deux loges par une cloison horizontale (c).

On connaît plusieurs autres Poissons chez lesquels les ovaires constituent une seule masse impaire, mais en général on y aperçoit alors des traces plus ou moins évidentes de la réunion de deux organes : ainsi, chez le *Balistes tomentosus*, l'ovaire, quoique simple, est échancré à son extrémité antérieure, et chez la Loche franche (*Cobitis barbatula*), où cet organe n'existe que du côté droit, on remarque, à sa partie antérieure, une fissure (d).

(1) M. Hyrtl a trouvé l'ovaire gauche bien développé, et celui du côté droit presque rudimentaire chez l'*Auxis vulgaris* (e). Il a constaté aussi un mode d'organisation semblable chez le *Mormyrus oxyrhynchus* (f).

(2) Ainsi, chez les Syngnathes, les oviductes restent isolés jusqu'à leur terminaison dans le cloaque (g) ; mais chez les Hippocampes, qui en sont très-voisins, ces deux conduits s'anastomosent de la manière ordinaire, pour déboucher dans l'orifice situé derrière l'anus (h).

(a) Rathke, *Bildungs und Entwickelungsgeschichte der* Blennius viviparus (*Abhandl. der Bild. und Entwick.-Gesch. des Menschen und der Thiere*, 1833, t. II, p. 4).

(b) Duvernoy, *Observations pour servir à la connaissance du développement de la Pœcilie de Surinam* (*Ann. des sciences nat.*, 3ᵉ série, 1844, t. I, p. 313, pl. 17, fig. 1).

(c) Hyrtl, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. de Vienne*, 1850, t. I, p. 400).

(d) Idem, *loc. cit.*, p. 405.

(e) Idem, *loc. cit.*, p. 402, pl. 53, fig. 7.

(f) Idem, *loc. cit.*, pl. 53, fig. 6.

— Forchhammer, *De Blennii vivipari formatione et evolutione*. Dorpat, 1819.

(g) Owen, *Lectures on the Comparative Anatomy and Physiol. of the Vertebrate Animals* 1846, p. 289.

(h) Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 5ᵉ série, t. XI, p. 366).

débouchent dans la portion voisine des voies urinaires, et qu'il n'existe derrière l'anus qu'un seul orifice commun à l'appareil de la reproduction et à l'appareil rénal (1).

Comme exemple de ce dernier mode de conformation, je citerai d'abord le Brochet, chez lequel les deux ovaires, situés sur les côtés du tube digestif, se terminent chacun par un col très-court, et les deux oviductes ainsi constitués se réunissent promptement pour former un canal impair qui débouche dans un pore génito-urinaire au devant de l'orifice particulier des voies urinaires (2).

D'autres fois les deux ovaires se réunissent à leur partie postérieure de façon à y offrir une cavité commune, disposi-

(1) Pour plus de détails au sujet des variations que l'on observe dans le mode de terminaison de l'oviducte, je renverrai à un travail spécial de M. Hyrtl sur les organes génito-urinaires des Poissons, publié dans les *Mémoires de l'Académie de Vienne* (tome I).

(2) Les oviductes du Brochet sont très-courts, larges et plissés. Le conduit unique formé par leur réunion n'a que quelques millimètres de long, et se trouve entre la portion terminale du rectum et l'uretère commun (*a*).

Comme exemple des Poissons chez lesquels l'oviducte débouche directement au dehors, en avant du méat urinaire, je citerai aussi l'*Alosa finta* (*b*).

Lorsque les oviductes, au lieu d'être la continuation de l'extrémité postérieure de l'ovaire, naissent plus en avant, leur caractère spécial se prononce davantage. Ainsi chez le Hareng, où ils se séparent des ovaires à quelque distance de l'extrémité de ces organes, ils sont grêles et cylindriques dès leur origine, et constituent, par leur anastomose sur la ligne médiane, un oviducte impair dont la longueur est assez considérable (*c*). L'oviducte terminal est très-long chez le Gymnote (*d*).

Chez le *Trachinus draco*, les oviductes naissent encore plus en avant; ils se détachent du milieu de l'ovaire (*e*).

Il est aussi à noter que chez quelques Poissons la portion terminale de l'oviducte se prolonge davantage, et longe le bord antérieur de la nageoire anale, ainsi que cela se voit chez quelques Cyprinodontes (*f*).

(*a*) Lereboullet, *Recherches sur l'anatomie des organes génitaux*, pl. 10, fig. 200, 201; pl. 20, fig. 205, 206, 208 (extrait des *Nouveaux Actes de l'Acad. des curieux de la nature*, t. XXIII).
(*b*) Voyez Hyrtl, *loc. cit.*, pl. 52, fig. 1.
(*c*) Delle Chiaje, *Miscell. anat. pathol.*, t. I, pl. 46.
(*d*) Rathke, *Zur Anat. der Fische* (Müller's *Archiv*, 1836, p. 170).
(*e*) Brandt et Ratzeburg, *Medicinische Zoologie*, t. II, pl. 8, fig. 1.
(*f*) Stannius et Siebold, *Handbuch der Zootomie*, 1854, t. I, p. 272.

tion qui se voit chez la Carpe (1) et qui est portée beaucoup plus loin chez le Chabot (2). Enfin, chez le Lançon, ou *Ammodytes tobianus*, la fusion des deux ovaires est si complète, que le caractère binaire de l'appareil peut être facilement méconnu (3). On remarque aussi des variations considérables dans la forme générale des ovaires; mais ces particularités n'offrent que peu d'importance (4).

(1) Les ovaires de la Carpe sont très-volumineux quand les œufs sont mûrs. Les feuillets ovigères y sont disposés transversalement, et fixés à la paroi du sac ovarien qui est en rapport avec les intestins (*a*). Postérieurement, les deux sacs se confondent sur la ligne médiane pour former un réservoir unique où les œufs, devenus libres, s'accumulent pour s'échapper ensuite au dehors par un col très-court (ou oviducte) dont l'orifice se trouve au sommet d'une papille, entre l'anus et le méat urinaire (*b*).

(2) L'appareil femelle du Chabot ou Séchot (*Cottus gobio*, L.) se compose d'un ovaire en forme de sac profondément bilobé, dont les deux divisions communiquent largement entre elles, et s'ouvrent dans un oviducte très-court qui débouche derrière l'anus par un orifice uréthro-génital (*c*).

(3) L'ovaire unique du Lançon est situé du côté droit. Quelques anatomistes le considèrent comme un organe impair (*d*); mais M. Hyrtl a constaté que cet ovaire est en réalité double, quoique ses deux moitiés soient confondues entre elles dans presque toute leur longueur (*e*).

Chez la Fistulaire, l'ovaire paraît simple extérieurement, mais à l'intérieur il est divisé en deux parties par une cloison verticale (*f*).

Chez le *Trachypterus iris*, l'ovaire est simple en avant, mais dans la portion moyenne il est divisé extérieurement par une cloison, et en arrière ses deux parties constitutives deviennent tout à fait séparées et ont la forme de deux cornes (*g*).

(4) Chez le *Gadus callarias*, par exemple, les ovaires sont froncés d'une manière très-remarquable (*h*).

(*a*) Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XI, p. 354, pl. 13, fig. 2).

(*b*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.*, t. XIV, p. 130, pl. 13, fig. 1).

(*c*) Prévost, *De la génération chez le Séchot* (*Ann. des sciences nat.*, 1830, t. XIX, p. 167, pl. 1, fig. 5).

(*d*) Rathke, *Ueber die Geschlechtstheile der Fische* (*Beitr. zur Geschichte der Thierwelt*, t. II, p. 132).

(*e*) Hyrtl, *Beiträge zur Morphologie der Urogenital-Organe der Fische* (*Denkschriften der Wiener Akad.*, 1850, t. I, p. 403).

(*f*) Hyrtl, *Op. cit.*, p. 406.

(*g*) Hyrtl, *loc. cit.*, pl. 53, fig. 9.

(*h*) Rathke, *Op. cit.* (*Beitr. zur Geschichte der Thierwelt*, t. II, pl. 5, fig. 2).

Appareil femelle des Plagiostomes etc.

Chez les Poissons les plus élevés en organisation, c'est-à-dire chez les Plagiostomes, il y a aussi un canal particulier pour le transport des œufs développés dans l'ovaire ; mais la division du travail physiologique est portée plus loin que chez les Poissons osseux, car l'oviducte, au lieu d'être une portion de la glande ovigénique, est constitué par un conduit qui en est indépendant et qui est un organe surajouté à ceux que nous venons de passer en revue. Ici les œufs se détachent de la surface externe des ovaires comme chez les Cyclostomes ; ils arrivent par conséquent dans la cavité abdominale, et, au premier abord, on pourrait supposer que les oviductes destinés à les recueillir pour les transporter au dehors ne sont autre chose que les pores abdominaux prolongés et perfectionnés ; mais la disposition des parties prouve qu'il n'en est pas ainsi, et que les canaux ovifères ne sont pas les analogues des orifices en question. Effectivement, ces parties coexistent souvent chez le même individu (1). Ainsi, chez les Esturgeons, qui, à beaucoup d'égards, établissent le passage entre les Plagiostomes et les Poissons osseux, la cavité péritonéale communique avec l'extérieur par un pore situé de chaque côté de l'anus ; mais les œufs ne suivent pas cette route, et pénètrent dans un tube évasé antérieurement en forme d'entonnoir, qui naît de chaque côté du corps, vers le tiers postérieur de la cavité abdominale, et va se terminer dans le canal urinaire, à peu de distance de l'anus. Ce canal est ainsi mis à contribution pour le service de la reproduction (2) ;

Esturgeons.

(1) Chez les Raies, par exemple, où les oviductes sont parfaitement constitués, les orifices péritonéaux sont très-développés dans les deux sexes (a).

(2) L'existence de ces oviductes chez l'Esturgeon a été constatée par Rathke, qui a signalé aussi, à l'embouchure de ces tubes dans l'urèthre, la présence d'une valvule qui s'oppose au passage des liquides de ce dernier canal dans leur intérieur. La coexistence des oviductes et des pores abdominaux a été

(a) Voyez Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XII, pl. 3, fig. 1 et 2).

mais l'oviducte n'y débouche pas toujours ; quelquefois on trouve ce dernier tube terminé en cul-de-sac, et la communication ne s'établit probablement que vers l'époque de la ponte (1). Il est aussi à noter que les parties de la cavité péritonéale qui avoisinent les ovaires, ainsi que les parois des oviductes, sont garnies d'un épithélium vibratile, et que le mouvement ciliaire qui s'y manifeste sert à transporter les œufs jusque dans le canal génito-urinaire.

Polyptère. Chez le Polyptère, les pores abdominaux n'existent plus, et les oviductes, au lieu de se rendre dans l'uretère, longent ce canal jusque dans le voisinage du méat génito-urinaire, qui est situé comme d'ordinaire derrière l'anus (2).

Plagiostomes. Dans l'ordre des Plagiostomes, les ovaires sont beaucoup moins volumineux que chez les Cyclostomes et les Poissons osseux. Ils ne consistent qu'en une petite masse de stroma aréolaire recouverte d'une tunique fibreuse, et fixée à la voûte de la cavité abdominale, sur les côtés de l'œsophage, au moyen d'un repli du péritoine. Lorsque les œufs n'y sont que peu développés, ces organes ont la forme d'une plaque épaisse et ovalaire ; mais à une époque plus avancée du travail génésique,

bien indiquée par M. Mayer, et l'on trouve une bonne figure de ces canaux dans l'ouvrage de MM. Brandt et Ratzeburg (*a*).

Chez la Spatulaire ou Polyodon feuille, les pores abdominaux et l'orifice uréthro-génital sont disposés comme chez l'Esturgeon (*b*).

(1) Le fait de l'occlusion des oviductes dans leur point de jonction avec l'urèthre a été souvent constaté par J. Müller (*c*).

(2) Les ovaires du Polyptère ont chacun la forme d'une longue bande fixée à un repli du péritoine, en avant des reins. Les oviductes s'ouvrent dans la cavité abdominale par une large fente transversale située à quelques pouces de l'anus, près de l'extrémité postérieure du mésentère ovarien (*d*).

(*a*) Rathke, *Beiträge zur Geschichte der Thierwelt*, 1824, t. II, p. 124.
— Mayer, *Analecten für vergleichende Anatomie*, 1835, p. 18.
— Brand und Ratzeburg, *Medicinische Zoologie*, t. II, pl. 4, fig. 5.
(*b*) Alb. Wagner, *De Spatulariarum anatome* (dissert. inaug.). Berolini, p. 13, fig. 5.
(*c*) Müller, *Ueber den Bau und die Grenzen der Ganoiden* (Erichson's *Archiv für Naturgeschichte*, 1845, p. 108).
(*d*) J. Müller, *loc. cit.*

ils deviennent inégalement bossués par la présence de ces corps dans leur épaisseur, et chez plusieurs des Animaux de ce groupe, ces modifications ne se manifestent que d'un seul côté, de sorte qu'il ne paraît y avoir alors qu'une seule glande ovigère impair et asymétrique : par exemple, chez divers Squales des genres *Scyllium*, *Carcharias*, *Saphyrna*, *Galeus* et *Mustelus* (1).

Chez les Chimères (2), aussi bien que chez les Plagiostomes, les oviductes sont toujours pairs et très-développés (3) ; en avant ils sont fort rapprochés, et ils ont une entrée commune qui se trouve à la partie antérieure de l'abdomen, sur la ligne médiane, au-dessus du foie et en avant des ovaires. Cette embouchure, qui est évasée et qui a reçu le nom de *pavillon*, est rendue béante par des brides péritonéales (4). Les oviductes se portent ensuite en dehors, puis en arrière, en suivant les parois de la cavité abdominale, et ils vont s'ouvrir derrière l'anus, sur les côtés du cloaque. Chimères.

Ces conduits sont formés par une membrane muqueuse, et dans leur portion antérieure cette tunique est revêtue d'un épithélium vibratile ; mais dans leur portion moyenne et ter- Oviducte des Plagiostomes.

(1) Comme exemple de Squales à ovaires symétriques, je citerai l'Aiguillat, ou *Spinax acanthias* (*a*).

Chez les Sélaciens à ovaires asymétriques, c'est en général du côté droit que le développement des ovules a lieu.

(2) MM. Carus et Otto ont donné une très-bonne figure de l'appareil femelle de la Chimère antique (*b*).

(3) Duvernoy pensait que les espèces vivipares n'étaient pourvues que d'un seul oviducte (*c*), mais il n'en est pas ainsi.

(4) Cette disposition a été très-bien représentée chez la Raie, par Monro ; chez les Myliobates, les Mustèles, les Ptéroplatées et la Squatine, par M. Bruch ; chez l'Acanthias, par Hunter, Home, etc. (*d*).

(*a*) Voyez Treviranus, *Beiträge zur nähren Kenntniss der Zeugungstheile und der Fortpflanzung der Fische* (*Zeitschrift für Physiologie*, 1826, t. II, p. 3, pl. 3, fig. 3).

(*b*) Carus et Otto, *Tabulæ Anatomiam comparativam illustrantes*, pars V, pl. 4, fig. 2.

(*c*) Cuvier, *Anatomie comparée*, 2ᵉ édit., t. VIII, p. 89.

(*d*) Monro, *The Structure and Physiology of Fishes*, 1785, pl. 2.

— Bruch, *Études sur l'appareil de la génération chez les Sélaciens*, thèse. Strasbourg, 1860, pl. 4, 5 et 6.

— Hunter, voyez *Descript. Catalogue of the Physiol. Series in the Museum of the College of Surgeons*, t. IV, pl. 62.

— Home, *Lectures on Comparative Anatomy*, t. IV, pl. 139.

— Rymer Jones, art. PISCES (Todd's *Cyclop. of Anat. and. Physiol.*, t. III, p. 1009 ; fig. 538.

minale on n'y trouve plus de cils, et la structure de leurs parois se complique davantage, car, indépendamment de leurs fonctions principales, ces organes ont un nouveau rôle à remplir. En effet, ces oviductes sont destinés à fournir aux œufs qui les traversent des parties complémentaires, et dans ce but ils sont pourvus d'instruments sécréteurs. Enfin, chez plusieurs Plagiostomes, ils deviennent des réservoirs incubateurs, et alors leur portion terminale se dilate en une poche qui a reçu le nom d'*utérus* (1).

La portion glandulaire de l'oviducte est épaisse, et renferme dans la substance de ses parois une multitude de petits tubes sécréteurs terminés en cul-de-sac à leur extrémité périphérique et débouchant dans sa cavité par leur extrémité opposée. Elle est très-développée chez les Raies. Sa forme varie suivant les espèces : chez les Acanthias, elle est annulaire ; chez les Squales à membrane nictitante, elle se développe en deux appendices coniques et contournés en hélice ; chez les Rhinobates, elle est cordiforme ; chez les Raies, elle est bilobée. Un repli membraneux, disposé en manière de valvule, la sépare de l'utérus (2).

(1) La portion réceptaculaire de l'oviducte se développe beaucoup chez les espèces vivipares, telles que le *Spinax acanthias* (a) et le *Pteroplatea altavela* (b), tandis que la portion glandulaire est très-réduite. On remarque à sa paroi interne une multitude de plis froncés ou de villosités (c).

(2) Cette portion glandulaire du tube ovifère que les anatomistes désignent généralement sous le nom de *glande de l'oviducte*, est déjà apparente avant l'éclosion du jeune animal, mais elle varie beaucoup, quant à ses dimensions, suivant les saisons. Elle se renfle brusquement, mais cet élargissement n'est dû qu'à l'épaisseur de ses parois, car sa cavité est plus étroite que celle des parties adjacentes du même conduit. Sa surface interne présente des zones dont l'aspect diffère, et ces variations sont dues principalement à la disposi-

(a) Voyez Treviranus, *Op. cit.* (*Zeitschrift für Physiol.*, t. II, pl. 3, fig. 3).
— Hunter, dans le *Catalogue descriptif du musée des chirurgiens de Londres* (*Physiological Series*, t. IV, pl. 62).
— Owen, *Lectures on the Comp. Anat. and Physiol. of the Vertebrate Animals*, 1846, p. 290, fig. (d'après Hunter).
(b) Bruch, *Études sur l'appareil de la génération chez les Sélaciens*, p. 59, pl. 10, fig. 1
(c) Leydig, *Lehrbuch der Histologie*, p. 518, fig. 253.

Structur de l'ovair

§ 3. — Les ovaires des Poissons sont revêtus d'une tunique propre formée par une membrane très-mince, de texture fibreuse (1), et, de même que chez les autres Vertébrés, leur substance est constituée par un tissu particulier nommé *stroma*. Celui-ci se compose de fibrilles analogues à celles du tissu conjonctif ordinaire, entre les mailles duquel se trouve une matière granuleuse, et il constitue une sorte de gangue au sein de laquelle les œufs prennent naissance. Ces corps reproducteurs sont toujours de deux sortes : les uns, plus ou moins avancés vers l'état de maturité, constitueront la ponte prochaine ; les autres, plus petits et dans un état d'inactivité temporaire, se développeront après la chute des premiers et formeront une ponte ultérieure. Chez les Poissons de l'ordre des Plagiostomes, les œufs en voie de maturation sont peu nombreux et font saillie à la surface de l'ovaire ; mais, chez les Poissons osseux, le nombre en est souvent extrêmement élevé. Ainsi on évalue à plus de 300 000 le nombre des œufs contenus dans les ovaires d'une Carpe de forte taille, et, d'après les calculs de Leeuwenhoek, la Morue en aurait plus de 9 millions (2).

Développen et structu des ovules.

tion des canalicules sécréteurs (*a*). Ceux-ci sont très-fins et serrés les uns contre les autres (*b*).

Chez la Torpille, la portion glandulaire de l'oviducte est très-peu développée, mais la portion subterminale se dilate de façon à constituer une grande poche incubatrice dont les parois sont très-villeuses (*c*).

(1) Chez les Poissons osseux, on a constaté l'existence de fibres musculaires lisses dans cette tunique, et même dans le stroma, chez le *Salmo salvellinus* (*d*).

(2) Chez une Carpe d'environ 50 centimètres de long, Petit trouva que les ovaires pesaient 8 onces 2 gros, c'est-à-dire près de 253 grammes, et que

(*a*) Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1859, t. XII, p. 118, pl. 3, fig. 4).

(*b*) J. Müller, *De glandularum secernentium structura penitiori*, 1830, pl. 2, fig. 14 et 15.

(*c*) J. Davy, *An Account of some Experiments and Observations on the Torpedo* (*Researches Physiological and Anatomical*, 1829, t. I, p. 55, pl. 2, fig. 1, 2 et 3).

— Delle Chiaje, *Miscellanea anatomico-pathologica*, t. I, pl. 43, fig. 1.

(*d*) Par exemple, chez le Brochet, la Perche de rivière ; voy. Leydig, *Lehrbuch der Histologie*, p. 508.

Formation des œufs.

Les œufs, en se développant dans la substance de l'ovaire, ne sont formés d'abord que par la sphère vitelline et la vésicule germinative. Celle-ci est très-grosse relativement au volume total de l'ovule, et dans les premiers temps elle ne renferme qu'un liquide incolore tenant en suspension une matière granuleuse très-fine; mais, par les progrès de son développement, elle se charge de corpuscules globuleux et brillants qui constituent les taches dites germinatives, et qui augmentent en volume aussi bien qu'en nombre jusqu'à ce qu'ils remplissent complétement la cavité de cette utricule. Ces corpuscules offrent plus tard l'aspect de cellules, et des nucléoles se montrent dans leur intérieur (1). Le vitellus se compose d'abord d'un liquide diaphane tenant en suspension quelques corpuscules albuminoïdes qui ne deviennent visibles que par l'effet de la coagulation; puis des vésicules graisseuses s'y forment autour de la vésicule germinative, grossissent, se multiplient et se transforment en cellules granuleuses. Chez quelques Poissons, la Truite, par exemple, la sphère vitelline se remplit de ces globules huileux seulement; mais dans d'autres espèces, telles que le Brochet et la Perche, il s'y développe aussi des

pour faire équilibre au poids de 1 grain (ou 53 milligrammes), il fallait 71 ou 72 œufs; il en conclut que le nombre des œufs devait être d'environ 342 144 (a). Leeuwenhoeck estima à 211 629 le nombre des œufs chez un Poisson de la même espèce, et à 9 344 000 le nombre des œufs qui pouvaient être contenus dans les ovaires d'une seule Morue (b). Cuvier trouva environ 69 000 œufs chez une Perche fluviatile; 167 200 chez une Carpe; 165 400 chez un Brochet, et 1 167 856 chez un Esturgeon (c).

(1) Il est aussi à noter que pendant la période dont il est ici question, la vésicule germinative augmente de dimension à mesure que l'ovule grossit, et qu'elle se trouve d'abord rapprochée de la surface du globe vitellin, dont elle occupe plus tard le centre (d).

(a) Petit, *Histoire de la Carpe* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1733, p. 209).

(b) Leeuwenhoeck, *Epistolæ physiologicæ super compluribus Naturæ arcanis*, p. 188 (*Op.*, t. IV, 1719).

(c) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édit., t. VIII, p. 86.

(d) Lereboullet, *Recherches sur le développement du Brochet, de la Perche, etc.*, p. 20 (*Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang*, t. XVII).

globules d'une nature particulière, qui se chargent de matières colorantes (1), et qui sont désignés sous le nom de *corpuscules vitellins*. La vésicule germinative disparaît bien avant que l'œuf soit arrivé à maturité, et à la suite de ce changement on voit se former, d'un des côtés du globe vitellin, un amas granuleux et jaunâtre qui résulte de la réunion des éléments plastiques et nutritifs. Il semble s'opérer alors une sorte de départ entre les divers éléments organiques de l'œuf, qui étaient primitivement mêlés, et qui se séparent en deux groupes, l'un composé des parties simplement nutritives, l'autre formé principalement des matériaux plastiques destinés à jouer un rôle direct dans la constitution de l'embryon, et affectant l'apparence d'une tache discoïde analogue à celle dont j'ai parlé dans une précédente Leçon sous le nom de *cicatricule* (2).

Formation de la coque.

L'ovule naissant est libre au milieu du stroma, mais bientôt ce tissu se consolide de façon à constituer autour de chacun de ces corps une sorte de kyste ou capsule. Les parois de cette loge, ou follicule, deviennent très-vasculaires, et leur surface

(1) La couleur de ces œufs varie suivant les espèces, mais est en général peu intense. Chez la Perche, ils sont verdâtres ; chez le Brochet, ils sont jaunâtres.

(2) Lorsque ces œufs sont à peu près mûrs, on distingue d'ordinaire dans le vitellus trois parties, savoir : 1° un liquide diaphane visqueux qui en occupe le centre, qui se trouble au contact de l'eau, circonstance dont dépend l'opacité des œufs de la Truite et du Saumon non fécondés, lorsque leur coque a été déchirée (*a*) ; 2° de gouttelettes d'huile ou globules graisseux dont le nombre varie suivant les espèces, mais diminue à mesure que la maturité de l'œuf avance, et dont la position dépend de celle de l'œuf, leur faible pesanteur spécifique les faisant toujours monter vers la surface (*b*) ; 3° une couche superficielle de granules très-fins et de corpuscules vésiculaires, qui, au lieu d'être libres comme les globules huileux, adhèrent entre eux et constituent la cicatricule. Pour plus de détails au sujet des éléments organiques du vitellus et des changements qui s'y opèrent antérieurement à la féconda-

(*a*) Vogt, *Embryologie des Salmones*, p. 12.
— Retzius, *Ueber den grossen Felltropfen in den Eiern der Fische* (Müller's *Archiv fur Anat. und Physiol.*, 1855, p. 34).

(*b*) J. Davy, *Some Observations on the Ova of Salmidæ* (*Abstracts of papers communicated to the R. Soc. of London*, 1852, p. 149).

intérieure se tapisse d'une couche plus ou moins épaisse de tissu utriculaire que les ovologistes désignent communément sous le nom de membrane granuleuse. La partie périphérique de cette enveloppe disparaît ensuite, et, chez les Poissons osseux, la portion interne, après avoir subi dans sa texture intime des modifications plus ou moins profondes, devient une des parties constitutives de l'œuf (1). Effectivement, elle en forme la tunique externe ou la coque.

La structure de cette coque, ou chorion, est plus complexe qu'on ne croirait au premier abord. Souvent sa substance est traversée par une multitude de canalicules d'une finesse extrême qui lui donnent un aspect ponctué (2). D'autres fois, elle est

tion, je renverrai aux travaux de M. Coste, de M. Lereboullet, etc. (*a*). Quant à la composition chimique des œufs de Poissons, il en a déjà été question dans une Leçon précédente (*b*).

(1) D'après M. Häckel, il y aurait parfois entre le vitellus et la membrane vitelline une couche fibreuse très-singulière; il a décrit cette disposition chez des *Scomberesoces* (*c*). Il est aussi à noter que chez le *Trygon pastinaca*, la surface du globe vitellin est sillonnée de façon à offrir des circonvolutions nombreuses (*d*).

(2) Par exemple, chez la Palée (*Coregonus palea*, Cuv.), la coque de l'œuf est formée par une membrane épaisse et élastique qui présente un aspect granuleux résultant de l'existence d'une multitude de figures annulaires d'une délicatesse extrême. On y aperçoit aussi des points opaques qui deviennent transparents par l'action de l'acide chlorhydrique, et qui, paraissant être des tubes capillaires, renferment une matière calcaire (*e*). Chez le Saumon, les canalicules verticaux de la membrane ponctuée sont très-bien caractérisés (*f*).

(*a*) Coste, *Origine de la monstruosité double chez les Poissons osseux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1855, t. XL, p. 931).

— Lereboullet, *Recherches sur le développement du Brochet, de la Perche, etc.* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.*, t. XVII, p. 10 et suiv.). — *Recherches d'embryologie comparée sur le développement de la Truite, etc.* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1861, t. XVI, p. 118 et suiv.).

(*b*) Voyez ci-dessus, p. 325.

— Consultez aussi : Radikofer, *Ueber die wahre Natur der Dotterplättchen* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1858, t. IX, p. 529).

— F. de Filippi, *Zur näheren Kenntniss der Dotterkörperchen der Fische* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1859, t. X, p. 15).

(*c*) Häckel, *Ueber die Eier der Scomberesoces* (Muller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1855, p. 23, pl. 4 et 5).

(*d*) Hyrtl, *Lehrbuch der Histologie*, p. 508, fig. 248.

(*e*) Vogt, *Embryologie des Salmones*, p. 10, pl. 1, fig. 7 et 8.

(*f*) Allen Thompson, art. Ovum (Todd's *Cyclop. of Anat. und Physiol.*, t. V, p. 100, fig. 67)

comme veloutée, disposition qui est due à la présence d'une foule de petits bâtonnets semblables à des aiguilles qui la hérissent (1). Enfin, chez certains Poissons osseux, elle présente des facettes très-petites, et parfois on voit au milieu de chacune de ces réticulations une ouverture infundibuliforme (2). Souvent on trouve encore, au-dessous de la coque, une seconde enveloppe accessoire, qui est analogue à la membrane de la coquille dans l'œuf de la Poule, et qui peut avoir, comme la première, une structure canaliculaire. Chez quelques espèces, il reste aussi entre la coque et la sphère vitelline une couche hyaline plus ou moins épaisse, qui paraît avoir une structure homogène et qui constitue un albumen (3).

Ainsi, chez les Poissons osseux, c'est dans la substance du stroma de l'ovaire que les œufs acquièrent leur coque aussi bien que leur partie fondamentale, c'est-à-dire la sphère vitel-

(1) M. Reichert a décrit ce mode d'organisation de la coque de l'œuf chez le *Leuciscus erythrophthalmus* et le *Chondrosoma narces* (a). Chez le *Gobius fluviatilis*, les bâtonnets sont disposés par groupes de formes variées; ils réfractent fortement la lumière et se détachent facilement (b).

L'œuf de l'Épinoche (*Gasterosteus*) présente d'espace en espace, sur la membrane ponctuée ou chorion, un nombre considérable de petits appendices piriformes dans la partie de la coque qui entoure le micropyle (c).

(2) Chez la Perche fluviatile, J. Müller y a trouvé des canalicules infundibuliformes (d). Les réticulations de cette membrane se voient à la face interne de la coque ponctuée chez le Brochet (e).

(3) Lorsque l'œuf a séjourné quelque temps dans l'eau, des phénomènes d'endosmose déterminent souvent l'accumulation d'une certaine quantité de ce liquide entre la sphère vitelline et la coque, de façon à simuler une couche albumineuse assez épaisse (f), et à donner naissance artificiellement à ce que les naturalistes ont parfois décrit sous le nom de *zone transparente*.

(a) Reichert, *Op. cit.* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1856, p. 95, pl. 4, fig. 1).
(b) Leydig, *Lehrbuch der Histologie*, 1857, p. 518.
(c) Rawson, *Op. cit.* (*Proceedings of the R. Soc. of London*, 1854, t. VII, p. 168).
— Allen Thompson, *loc. cit.*, p. 101, fig. 68.
(d) J. Müller, *Ueber zahlreiche Porencanäle in der Eicapsel der Fische* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1855, p. 186, pl. 8, fig. 4).
(e) H. Aubert, *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Fische* (*Zeitschr. für wissensch. Zoologie*, 1854, t. V, p. 94, pl. 6, fig. 1).
(f) Lereboullet, *Recherches d'embryologie comparée sur le développement du Brochet, etc.*, p. 12.

line et son contenu. C'est après être parvenus à ce degré de perfection, que ces corps rompent leur capsule, et, devenus libres, tombent dans la cavité de l'ovaire, où ils sont souvent enduits d'un liquide glutineux, mais n'acquièrent aucune tunique nouvelle.

Soit que la fécondation de l'œuf ait lieu après la ponte, soit qu'elle s'opère dans l'intérieur de l'organisme, ainsi que cela a lieu chez un petit nombre de Poissons osseux qui sont vivipares, ce corps reproducteur est déjà entouré de sa coque avant que d'être sorti de sa gangue, et par conséquent on ne comprendrait pas comment les Spermatozoaires pourraient y pénétrer, si cette coque était complète dans toute son étendue; mais elle reste ouverte sur un point, et l'orifice appelé micropyle, qui est ainsi ménagé, sert au passage de l'agent fécondant qui se rend dans la sphère vitelline. L'existence de cet orifice fut constatée pour la première fois en 1850, par Doyère, chez le Syngnathe; mais cette découverte intéressante ne fixa que peu l'attention des physiologistes, et ce furent surtout les observations de J. Müller, de M. Bruch et de M. Leuckart qui les éclairèrent sur ce sujet (1).

Chez les Plagiostomes, les choses ne se passent pas ainsi. Les follicules ovariens ne donnent pas naissance à la mem-

(1) Doyère constata qu'à l'une des extrémités de l'œuf des Syngnathes, il existe une dépression au milieu de laquelle se trouve une petite ouverture infundibuliforme, et il désigna cet orifice sous le nom de *micropyle* (*a*). En 1854, M. Ranson découvrit l'existence d'une ouverture semblable dans l'œuf du *Gasterosteus leiurus* et du *G. pungitius* (*b*). Peu de temps après, M. Bruch constate la même disposition dans l'œuf du *Salmo salar* (*c*), et M. Leuckart observa une disposition analogue dans les œufs du Silure et du Brochet (*d*). Enfin, M. Reichert constata la présence d'un micropyle

(*a*) Doyère, *Op. cit.* (*l'Institut*, 1850, t. XVIII, p. 12).

(*b*) Ranson, *On the Impregnation of the Ovum of the Stickleback* (*Proceedings of the Royal Society of London*, 1854, t. VII, p. 168).

(*c*) Bruch, *Ueber die Mikropyle der Fische* (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie*, 1856, t. VII, p. 172, pl. 9 B).

(*d*) Leuckart, *Ueber die Micropyle*, etc. (Muller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1855, p. 257).

brane coquillière, et c'est après la mise en liberté de l'œuf, pendant son passage dans l'oviducte, que celui-ci se revêt de cette enveloppe accessoire. Elle est produite par le dépôt de substances plastiques sécrétées dans la portion glandulaire de l'oviducte, et appliquées sur la sphère vitelline, où elles s'organisent en forme de membrane ou acquièrent même une consistance subcornée.

Ainsi, chez les Raies, l'œuf, en traversant la portion glanduleuse de l'oviducte, se recouvre d'une coque très-résistante et dont la forme est bizarre : elle est quadrilatère, bombée sur ses deux surfaces et terminée à chaque angle par une corne ou un long appendice contourné sur lui-même; enfin, à l'un des bouts de cette espèce d'étui se trouve une longue fente qui sert d'abord à l'entrée de l'eau nécessaire à la respiration du jeune Animal, puis à la sortie de celui-ci, lorsque son développement fœtal est achevé (1).

Ponte.

Chez la plupart des Poissons, les œufs sont expulsés du corps avant que l'embryon ait commencé à s'y développer, et même avant que la fécondation en ait été opérée ; quelquefois ils creusent dans le sol une petite excavation destinée à les recevoir, et parfois ils ont même l'instinct de construire un véri-

chez divers Cyprinoïdes, tels que la Carpe, le Carassin, la Tanche, les Ables, et chez quelques Poissons (a).

(1) Chez les Raies, les cornes de l'œuf sont médiocrement allongées (b).

L'œuf du Squale grande Roussette, ou Chien de mer, présente à chaque extrémité deux cornes très-allongées et contournées sur elles-mêmes ; des orifices, au nombre de deux, situés près de l'un des côtés, à la base de ces appendices (c).

L'œuf de l'Acanthias ne présente, à chaque bout, qu'un seul prolongement médian-conique petit et court (d).

Les œufs de la Chimère arctique ont une coque ridée et velue, dont la forme est très-particulière (e).

(a) Remak, *Op. cit.* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1856, p. 83, pl. 4, fig. 1-4).
— Buchholz, *Ueber die Mikropyle von* Osmerus eperlanus (*Arch. für Anat. und Physiol.*, 1863, p. 71 et 367).

(b) Par exemple, chez le *Raia oxyrhynchus* ; voy. Tilesius, *Ueber die sogenannten Seemäuse*. Leipzig, 1802, pl. 4, fig. 1.

(c) Home, *Lectures on Compar. Anat.*, t. IV, pl. 140, fig. 3.

(d) Home, *Op. cit.*, pl. 140, fig. 1.

(e) Müller, *Ueber den glatten Hai des Aristoteles*, pl. 6, fig. 3.

table nid pour les loger, particularité curieuse qui n'avait pas échappé à l'attention d'Aristote, et qui a été observée de nouveau, il y a quelques années (1). Mais dans la plupart des cas, la ponte n'est précédée ni suivie d'aucun travail de ce genre (2).

Poissons vivipares.

Chez d'autres Poissons, en petit nombre, les phénomènes génésiques dont l'organisme de la mère est le siége, sont plus complexes; non-seulement les œufs sont fécondés avant leur expulsion au dehors, mais le développement de l'embryon a lieu dans l'intérieur des organes de la reproduction, et les petits naissent vivants. On connaît des exemples de ce mode de multiplication chez les Poissons osseux, aussi bien que chez les Plagiostomes, mais c'est dans ce dernier groupe qu'il est le plus fréquent.

Comme exemple de Poissons osseux vivipares, je citerai

(1) Le Poisson qu'Aristote appelle *Phycis*, et qu'il signale comme ayant l'habitude de se construire un nid, paraît être un Gobie. Olivi a observé cet instinct chez le *Gobius niger*, et M. Nordmann a constaté de nouveau cette industrie chez le *Gobius constructor* des torrents de l'Abasie (a).

Les Épinoches et les Épinochettes construisent aussi des nids (b), mais c'est le mâle qui se livre à ce travail, et la femelle vient pondre dans la retraite ainsi préparée (c). Pour plus de détails sur ce sujet, je renverrai à l'ouvrage de M. Blanchard *sur les Poissons d'eau douce de la France*, qui est sous presse et paraîtra très-prochainement. Un instinct analogue existe chez les Pomotis (d) et chez des Poissons qui habitent sur le banc de Terre-Neuve (e).

(2) Il est aussi à noter que les œufs des Poissons osseux sont parfois libres (par exemple, chez la Truite et le Brochet), tandis que d'autres fois ils restent réunis en paquets ou en séries. Ainsi ceux de la Perche sont agglutinés les uns aux autres, et forment de la sorte des réseaux que cet Animal enroule autour des plantes aquatiques au milieu desquelles il va pondre.

(a) Nordmann, *Ueber eine neue Fischgattung aus der Familie der Gobioiden* (*Bulletin de l'Acad. de Saint Pétersbourg*. 1837, p. 328).

(b) R Bradley, *A Philosophical Account of the Works of Nature*, 1721, p. 62, pl. 8, fig. 2.

(c) Coste, *Nidification des Épinoches et des Épinochettes* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.*, 1848, t. X, p. 575.

(d) Agassiz, *On the Glanis of Aristotle*, etc. (*Proceed. of the American Academy*, 1856, t. III, p. 329).

(e) Valenciennes, *Sur des nids sous-marins* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1859, t. XLIX, p. 878).

une Blennie de nos côtes (1), les Anableps de la Guyane, les Pœcilies, qui habitent également les eaux douces de l'Amérique méridionale (2), et quelques Silures.

En général, soit que cette incubation ait lieu dans la cavité de l'ovaire, comme chez la Pœcilie et la Blennie vivipare, ou dans un utérus proprement dit, comme chez quelques Raies (3) et divers Squales, les œufs restent libres dans le réservoir qui les renferme, et il ne s'établit aucune connexion directe entre le corps de l'embryon et les parois de la chambre incubatrice. Mais chez quelques Squales, des appendices vasculaires dépendants de l'organisme du jeune individu en voie de développement vont s'enchevêtrer au milieu des replis de la membrane muqueuse de l'utérus, et constituent un instrument de nutrition analogue à celui que l'on connaît sous le nom de placenta, chez les Mammifères.

Cette particularité a été constatée par J. Müller chez les

(1) Le *Zoarces*, ou *Blennius viviparus*, est un Poisson de la famille des Gobioïdes, long d'environ 30 centimètres, qui habite nos mers. Vers le solstice d'hiver, la femelle met bas ses petits, dont le nombre s'élève souvent à plus de 300. Quelques naturalistes avaient cru que les fœtus étaient unis aux parois de l'utérus par des connexions vasculaires (*a*), mais cela n'est pas. On doit à Rathke un travail très étendu sur le développement de l'embryon de ces Poissons (*b*).

(2) Duvernoy avait cru pouvoir conclure de ses observations que chez les Poissons osseux vivipares, l'ovaire est en général impair, et il cita comme exemple non-seulement la Blennie, mais aussi l'Anableps et les Pœcilies (*c*). Il en est effectivement ainsi chez le premier de ces Poissons, mais M. Hyrtl a constaté qu'il n'en est pas de même chez les Anableps. Là les ovaires sont doubles et symétriques ; leur conduit excréteur est complétement indépendant de l'appareil urinaire (*d*). Cependant Home a figuré un grand sac membraneux impair comme étant l'utérus de cet Animal (*e*). Nous avons déjà vu que chez les Pœcilies l'ovaire est biloculaire.

(3) Les Rhinobates, les Myliobates, les Ptéroplatées (*f*), les Torpilles (*g*), les Anges, etc.

(*a*) Schonevelde, *Ichthyia et nomencl. Animal. quæ in ductibus Slesvici et Holsatiæ occurrunt*, 1624.

(*b*) Rathke, *Abhandl. zur Bild. u. Entwick. Gesch.*, t. II, p. 1.

(*c*) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édit., t. VIII, p. 67.

(*d*) Hyrtl, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. de Vienne*, t. I, p. 398).

(*e*) Home, *Lectures on Compar. Anat.*, *Suppl.*, t. VI, pl. 53, fig. 2 et 3.

(*f*) J. Davy, *Exper. and Obs. on the Torpedo* (*Research. Physiol. and Anat.*, pl. 2, fig. 1, 2, 3).

(*g*) Bruch, *Sur l'appareil de la génération chez les Sélaciens*, pl. 4, 7, 10.

Émissoles ou Mustèles, et dans la partie correspondante à l'insertion du placenta fœtal, ce naturaliste a trouvé sur les parois de l'utérus un épaississement vasculaire fort semblable aux cotylédons utérins que nous verrons se développer dans la matrice des Mammifères ordinaires (1).

Appareil mâle.

§ 4. — L'appareil mâle ne diffère que peu de l'appareil femelle chez les Cyclostomes, et même chez la plupart des Poissons osseux. Chez les premiers, les testicules, ainsi que les ovaires, n'ont pas de canal évacuateur, et la laitance (nom sous lequel on désigne communément la liqueur séminale des Animaux de cette classe) tombe dans la cavité abdominale pour s'échapper ensuite par les pores péritonéaux (2). Mais chez les Poissons osseux, où l'appareil femelle présente aussi ce genre d'imperfection, l'appareil mâle est mieux constitué, et les testicules sont mis en communication avec l'extérieur au moyen d'un conduit spécial (3). Enfin, chez les Plagiostomes,

(1) On doit à J. Müller, non-seulement des observations très-importantes sur ce sujet, mais aussi un exposé très-complet de tous les faits précédemment introduits dans la science relative à la reproduction vivipare des Squales. Je renverrai donc à son mémoire pour plus de détails à ce sujet (*a*).

(2) Voyez ci-dessus, page 446.

(3) Ainsi, chez les Salmones, où les oviductes manquent, les testicules sont pourvus chacun d'un conduit excréteur. Ces glandes, de couleur blanchâtre, ont à peu près la même forme que les ovaires, et varient beaucoup quant à leur volume, suivant les saisons. Un long canal tortueux partant de leur extrémité inférieure longe l'intestin, et va se réunir à son congénère, près de l'anus. Le canal éjaculatoire ainsi formé débouche au dehors, entre l'anus et le méat urinaire. Chez le mâle, les pores abdominaux n'existent pas et le péritoine forme un sac complétement fermé (*b*).

La plupart des naturalistes mentionnent les Anguilles comme étant dépourvues de canaux déférents, mais on ne connaît encore que très-imparfaitement les organes mâles de ces Poissons, et quelques auteurs pensent que les individus décrits sous le nom de *mâles* n'étaient que des femelles dont les ovaires n'avaient pas acquis leur développement normal (*c*).

(*a*) Müller, *Ueber den glatten Hai des Aristoteles und über die Verschiedenheiten unter den Haifischen und Rochen in der Entwickelung des Eies*, 1842, avec 6 planches (extrait des *Mém. de l'Acad. de Berlin pour* 1840).

(*b*) Vogt, *Anatomie des Salmones*, p. 85, pl. C, fig. 2 *b*.

(*c*) Schleusser, *De Petromyzon et Anguillarum sexu* (dissert. inaug.). Dorpat, 1848.

où l'ovaire est distinct de l'oviducte, l'appareil mâle est constitué d'après le même plan fondamental que chez les Poissons osseux, c'est-à-dire est pourvu d'un canal évacuateur en continuité directe avec les cavités pratiquées dans la substance du testicule. Ainsi, chez tous les Poissons, excepté les représentants les plus dégradés de ce type, il existe un conduit éjaculateur ou un canal déférent, et ce tube n'est jamais séparé du testicule (1). Il est aussi à noter que la disposition générale de la portion fondamentale ou glandulaire de l'appareil reproducteur présente plus d'uniformité chez le mâle que chez la femelle. Ainsi, les testicules sont presque toujours au nombre de deux, même dans les espèces où l'ovaire est unique (2), et lorsque ces organes sont réunis en une seule masse, comme chez le Lançon, leur union est incomplète (3). Testicules

Leur forme varie beaucoup. Chez les Plagiostomes, ils sont

(1) Cuvier signale l'Esturgeon comme faisant exception à cette règle (*a*); mais il paraît que chez ces Poissons les canaux séminifères vont déboucher directement dans l'uretère (*b*). Du reste, des canaux péritonéaux analogues à ceux de la femelle existent chez le mâle (*c*), et sont tantôt ouverts dans l'uretère, tantôt fermés (*d*) : suivant M. Owen, cette clôture serait due à une valvule (*e*).

(2) Ainsi, chez la Perche, où il n'existe qu'un seul ovaire, l'appareil mâle se compose de deux testicules en forme de sac, réunis par leur col, et s'ouvrant au dehors par un canal impair très-court (*f*). Chez les Plagiostomes, où l'un des ovaires seulement se développe, les testicules sont doubles comme d'ordinaire.

(3) Jusque dans ces dernières années les anatomistes considéraient le testicule de l'*Ammodytes tobianus* comme étant impair ; mais M. Owen fit remarquer que cet organe présente un sillon médian (*g*), et M. Hyrtl a constaté qu'il est en réalité composé d'une paire de glandes réunies entre elles (*h*).

Chez les Fistulaires, la glande sper-

(*a*) Cuvier et Valenciennes, *Histoire naturelle des Poissons*, t. I, p. 536.
(*b*) Rathke, *Beitr. zur Geschichte der Thierwelt*, t. II, p. 124.
(*c*) Baer, *Bericht der Anatom. Anstalt zu Königsberg*, p. 41.
(*d*) Muller, *Mém. sur les Ganoïdes* (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, 1844, t. II, p. 22).
(*e*) Owen, *Lectures on the Compar. Anat. of Vertebrate Animals*, p. 287.
(*f*) Cuvier et Valenciennes, *Op. cit.*, t. I, pl. 8, fig. 4 ; t. II, p. 11.
(*g*) Owen, *Lectures on the Compar. Anat. of the Vertebrate Animals*, 1846, p. 286.
(*h*) Hyrtl, *Beiträge zur Morphologie der Urogenital-Organe der Fische* (*Mém. de l'Acad. de Vienne*, 1850, t. I, pl. 53, fig. 8).

médiocrement développés et plus ou moins aplatis (1); mais, chez les Poissons osseux, ils acquièrent d'ordinaire un volume énorme. En général, ils sont irrégulièrement bosselés ou sub-lobés, et quelquefois ils sont subdivisés en lobules contournés et très-nombreux, mais ces différences ne paraissent avoir que peu d'importance (2).

Le péritoine recouvre ces glandes comme il recouvre les ovaires, et forme pour chacun d'eux un repli suspenseur, appelé *mesorchium*, qui les fixe à la paroi supérieure de la chambre viscérale, et qui loge leurs vaisseaux sanguins. Au-dessous de cette tunique d'emprunt se trouve une membrane qui appartient en propre à chaque testicule, et qui recouvre le tissu aréolaire dans l'épaisseur duquel se forment les utricules spermatiques. Chez quelques espèces, ils présentent à leur partie postérieure une portion appendiculaire de couleur grisâtre, qui est très-vasculaire, mais qui ne joue qu'un rôle très-secondaire dans leur constitution, et qui n'est pas le siége d'un travail spermagène (3).

magène, de même que l'ovaire, paraît simple extérieurement, mais M. Hyrtl a constaté qu'à l'intérieur elle est divisée en deux par une cloison verticale (*a*).

(1) Chez la plupart des Plagiostomes, les testicules sont petits comparativement à ceux des Poissons osseux. Cependant chez le Marteau (*Saphyrna zygæna*), ils sont énormément développés, et occupent toute la longueur de la cavité viscérale (*b*).

(2) Comme exemple des testicules multilobulés, je citerai ceux de divers Gadoïdes, tels que la petite Morue ou *Gadus callarias* (*c*).

(3) Ainsi, chez quelques Squales, l'Emissole par exemple, la partie postérieure de chaque testicule est comme enchâssée dans une substance grisâtre dont la structure intime n'a été étudiée que très-superficiellement, et dont les fonctions n'ont été l'objet que de conjectures très-vagues (*d*).

(*a*) Hyrtl, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. de Vienne*, t. I, p. 406.)

(*b*) Bruch, *Études sur l'appareil de la génération chez les Sélaciens*, 1860, p. 68, pl. 1, fig. 4.

(*c*) Voy. Rathke, *Op. cit.*, t. II, pl. 5, fig. 2.

(*d*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, *Sav. étrang.*, t. XIV, p. 134, pl. 14).

Ainsi que je l'ai déjà dit, les testicules des Cyclostomes ressemblent extrêmement aux ovaires, et consistent, comme ceux-ci, en une longue bande suspendue à la voûte de la cavité abdominale par son bord supérieur, fortement, mais très-irrégulièrement plissée en travers, et renfermant dans son intérieur une multitude de petites vésicules complétement closes. Les Spermatozoïdes se forment dans l'intérieur de ces capsules comme les œufs dans les follicules de l'ovaire, et lorsqu'ils sont mis en liberté par la rupture de ces petites cavités, ils tombent dans la cavité abdominale, puis s'échappent au dehors par les pores péritonéaux (1).

Il paraît en être de même chez les Anguilles (2); mais, chez presque tous les Poissons osseux, ainsi que chez les Plagiostomes, l'évacuation des produits spermatiques, au lieu de se faire par la surface extérieure de la glande, s'effectue dans l'intérieur de cet organe, qui, à cet effet, est creusé de cavités en communication avec le dehors. Ces cavités affectent en général la forme de tubes terminés en cul-de-sac ou élargis en manière de vésicules à leur extrémité initiale, et s'anastomosant entre eux à leur extrémité opposée, ou débouchant dans une sorte de carrefour ou de sinus, qui, à son tour, se joint à ses congénères, et, en se prolongeant postérieurement, prend peu à peu les caractères d'un canal excréteur (3).

(1) Ces corpuscules séminaux ont été très-bien représentés par M. Panizza (*a*).

(2) Voyez ci-dessus, page 448.

(3) La structure tubulaire du tissu spermagène des testicules des Poissons a été constatée d'abord par G. Treviranus chez la Brème (*b*), mais elle est en général très-difficile à étudier chez les Poissons osseux, à cause de l'extrême délicatesse des parois des tubes sécréteurs, et de la manière dont ils s'entremettent. Chez l'Alose, ils paraissent se réunir entre eux non-seu-

(*a*) Panizza, *Op. cit.* (*Mem. dell' Instituto Lombardo*, 1845, t. II, pl. 14).

(*b*) G. R. Treviranus, *Ueber den innern Bau der Hoden bei den Gräthenfischen* (*Zeitschr. für Physiol.*, 1826, t. I, p. 10, pl. 3, fig. 5 et 6).

Canal déférent.

Ce conduit, que l'on désigne d'ordinaire sous le nom de canal déférent, se porte en arrière, en bas et en dedans, se réunit presque toujours à son congénère (1), et va déboucher dans les voies urinaires, ou s'ouvrir directement au dehors, en avant de l'anus, ainsi que cela se voit chez la Carpe (2). Chez les

lement à la façon des radicules des glandes ordinaires, qui, par confluence, forment des canaux excréteurs communs, de plus en plus gros, mais en constituant des réticulations (*a*). Chez la Carpe, ces anastomoses sont extrêmement fréquentes, et il en résulte une structure spongieuse qui est très-singulière, car les conduits en question sont aussi très-irréguliers dans leur calibre, et se rendent à des sinus ou cavités communes, situées vers le centre des masses testiculaires, et communiquant avec le canal évacuateur (*b*).

Les tubes spermatiques sont tantôt cylindriques et terminés en cul-de-sac, comme un doigt de gant (*c*), d'autres fois renflés en forme d'ampoules, de façon à affecter une disposition analogue à celle d'une grappe de raisin (*d*). Ce dernier mode d'organisation est très-bien caractérisé chez les Raies, où les capsules remplies des cellules ou utricules spermatiques sont globuleuses et donnent naissance à un canal excréteur très-étroit qui ressemble à un pédoncule. Les Spermatozoïdes se développent dans l'intérieur des cellules dont il vient d'être question, et, après en être sortis, deviennent libres dans l'intérieur de l'ampoule, d'où ils passent dans les conduits. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux travaux de Hallmann, de Lallemand et de MM. Vogt et Pappenheim (*e*).

(1) Comme exception à cette règle, je citerai la Blennie gattorugine, chez laquelle chaque canal efférent débouche au dehors isolément (*f*). Chez les Raies, les orifices mâles sont très-rapprochés, mais parfaitement distincts (*g*).

La jonction des deux canaux déférents en un canal éjaculateur commun a lieu assez loin de l'orifice génital chez beaucoup de Poissons osseux (*h*).

(2) Les testicules de la Carpe sont constitués par deux sacs lobulés irrégulièrement, sur la face supérieure de chacun desquels on voit un conduit qui se porte en arrière et se réunit à

(*a*) Müller, *De glandularum secernentium structura penitiori*, pl. 15, fig. 7.

(*b*) Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XI, p. 349).

(*c*) Par exemple, chez le *Cobitis fossilis* : voy. Leydig, *Lehrb. der Histologie*, p. 491, fig. 239 C.

(*d*) Par exemple, chez la Raie : voy. Müller, *Op. cit.*, pl. 15, fig. 8.

(*e*) Hallmann, *Ueber den Bau des Hodens und die Entwickelung der Samenthiere der Rochen* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1840, p. 467, pl. 15, fig. 1-6).

— Lallemand, *Observations sur le développement des Zoospermes de la Raie* (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1841, t. XV, p. 237, pl. 10).

— Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XII, p. 100).

(*f*) Hyrtl, *loc. cit.*, p. 398, pl. 52, fig. 9.

(*g*) Par exemple, chez la Raie commune : voy. Vogt et Pappenheim, *loc. cit.*

— Chez le *Squatina angelus* : voy. Bruch, *Op. cit.*, p. 35, pl. 1, fig. 1 et 2.

(*h*) Par exemple, chez les Trigles : voy. Carus, *Tabul. Anat. compar. illustr.*, pars v, pl. 5, fig. 4.

— Le Hareng : voy. Brandt et Ratzeburg, *Medicinische Zoologie*, t. II, pl. 8, fig. 1.

Poissons osseux, sa structure est en général très-simple, bien que l'on y remarque souvent un élargissement subterminal faisant fonction de réservoir, et de petites glandules accessoires qui, logées dans l'épaisseur de ses parois, versent dans sa cavité des liquides destinés à aider au développement ou à l'emploi du sperme. Mais, chez quelques-uns de ces Animaux, ainsi que chez les Plagiostomes, l'appareil évacuateur de la semence se complique davantage, et peut se composer de plusieurs parties bien distinctes, telles qu'un épididyme, un réservoir séminal, des glandes accessoires et un appendice copulateur.

Il est d'abord à noter que parfois le canal déférent prend la forme d'un tube étroit et s'allonge beaucoup ; au lieu de se porter en ligne droite vers la région anale, il décrit des ondulations ou des circonvolutions plus ou moins nombreuses, et souvent il forme ainsi une masse d'apparence glandulaire, appelée ***épididyme.***

Dans ce corps, le système évacuateur se complique ; en général, le tronc principal du canal déférent s'y divise et s'entortille d'une manière inextricable, et souvent il s'y anastomose avec des canaux appendiculaires qui sont semblables à lui par leur forme et leur contournement. Peu à peu le tronc déférent se reconstitue et grossit ; ses circonvolutions deviennent moins nombreuses, et il reprend le caractère d'un tube évacuateur ordinaire, en continuant sa route vers l'anus. La Raie est un

son congénère au-dessus de la portion terminale de l'intestin. Le canal excréteur impair et médian ainsi constitué est très-large et court ; ses parois sont garnies de follicules muqueux (*a*), et il va déboucher au dehors derrière l'anus, entre cet orifice et le méat urinaire, sur les côtés desquels se trouvent les lèvres d'une espèce de cloaque rudimentaire (*b*).

(*a*) Ce sont les paquets formés par ces follicules qui ont été décrits par Petit comme étant des *vésicules séminales* (*Histoire de la Carpe, Mém. de l'Acad. des sciences*, 1733, p. 209, pl. 7, fig. 2 et 3).

(*b*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 121, pl. 12, fig. 1, 2 et 3.

des Poissons où l'épididyme est le plus développé et où sa structure a été le mieux étudiée (1).

Réservoir séminal. Les réservoirs séminaux sont pairs ou impairs, suivant qu'ils résultent d'une dilatation des canaux déférents avant leur jonc-

(1) Les testicules de la Raie commune (*a*) sont suspendus par un repli péritonéal à la paroi dorsale de la cavité abdominale, de chaque côté de la colonne vertébrale, au-dessus du foie et des intestins. Ils sont très-aplatis et réniformes. Chez les jeunes individus, ils sont lisses, et en apparence homogènes ou simplement granuleux : mais à l'époque du rut, leur aspect change beaucoup ; ils se gonflent et se montrent composés d'une multitude de grosses vésicules arrondies, séparées entre elles par des vaisseaux sanguins, du tissu conjonctif et des prolongements de la tunique membraneuse propre de la glande. Ces ampoules (*b*) sont pédonculées et composées d'une tunique membraneuse très-fine, dont la surface interne est revêtue d'un tissu épithélique pavimenteux ; elles sont remplies de cellules ou utricules spermagènes, et elles ressemblent aux cæcums sécréteurs du testicule des Poissons osseux, qui seraient distendus en forme de vessie par l'accumulation des cellules spermagènes dans le fond de leur cavité, et qui se seraient un peu rétrécis dans le reste de leur longueur. Cette portion pédonculaire constitue le canal évacuateur de chaque ampoule et se réunit à ses congénères pour former des branches de plus en plus fortes, mais dont le trajet est très-difficile à suivre à travers la substance du testicule. Le conduit terminal auquel ils donnent naissance résulte de la réunion de deux ou trois branches principales, et se sépare de la partie antérieure et dorsale de la glande pour s'enfoncer aussitôt dans l'épididyme correspondant (*c*). Ce dernier corps a la forme d'une bande blanchâtre ; il est arrondi en avant et s'atténue en arrière. Antérieurement, il dépasse notablement le testicule, et se trouve fixé sur le côté de la colonne vertébrale par un repli du péritoine ; en arrière, il s'applique sur le rein correspondant, et se continue jusque dans le voisinage du rectum. A l'époque du rut, il est très-difficile d'en débrouiller la structure, et quelques anatomistes avaient cru qu'il recevait directement du testicule plusieurs canaux séminifères ; mais il résulte des observations faites par MM. Vogt et Pappenheim, sur un jeune individu, qu'il naît d'un canal déférent unique, et que de distance en distance ce conduit reçoit

(*a*) Voyez Monro, *The Structure and Physiology of Fishes*, pl. 11, fig. 1.
— Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, t. XII, pl. 3, fig. 1).
— E. Bruch, *Études sur l'appareil de la génération chez les Sélaciens*, thèse, Strasbourg, 1860, pl. 3, fig. 1.
(*b*) Monro, *Op. cit.*, pl. 11, fig. x.
— Muller, *De glandularum secernentium structura penitiori*, 1830, p. 106, pl. 15, fig. 8.
— Lallemand, *Op. cit.* (*Ann. des scienc. nat.*, 1841, 2e série, t. XV, pl. 10, fig. 2-8).
— Bruch, *Op. cit.*, pl. 3, fig. 2-7.
(*c*) Vogt et Pappenheim, *loc. cit.*, pl. 2, fig. 6.

tion, pour constituer le canal éjaculateur commun (1), ou qu'ils sont formés par un élargissement de ce dernier conduit (2). Quelquefois on aperçoit une dilatation analogue dans la portion subterminale du canal génito-urinaire formé par le prolongement du col de la vessie au delà de l'embouchure des canaux déférents dans son intérieur; mais cette ampoule ne pourrait servir comme un réservoir pour la matière fécondante, et elle ne semble devoir agir dans l'éjaculation que comme un organe d'impulsion (3).

La structure de ces portions élargies des voies séminales se

latéralement des tubes épididymiques propres qui sont contournés en paquets (*a*). Ce sont les circonvolutions multipliées de ces appendices et du tronc principal qui donnent à l'épididyme son aspect particulier. Le canal déférent constitué par le tronc principal dont je viens de parler, grossit postérieurement, et, en se dilatant en manière de sac derrière l'extrémité de l'espèce de pelote qui forme l'épididyme, il devient le réservoir séminal. Celui-ci présente des replis longitudinaux de sa tunique interne, et converge vers son congénère pour aller déboucher à côté de lui, sur la paroi postérieure du cloaque, au sommet d'une papille conique.

Chez l'Ange (*Squatina vulgaris*), la structure de l'épididyme est plus simple. En effet, ce corps glanduliforme ne paraît être formé que par les circonvolutions d'un seul tube déférent. Mais les réservoirs séminaux sont beaucoup plus développés (*b*).

Chez le Squale émissole, le canal déférent, en pénétrant dans l'épididyme, se subdivise en plusieurs branches qui ensuite confluent pour reconstituer un tube unique (*c*).

(1) Par exemple, chez le *Mullus barbatus*, où chaque canal déférent se renfle postérieurement (*d*), et chez le Brochet, où ces tubes se renflent de manière à devenir fusiformes près de leur terminaison (*e*).

(2) Ainsi, chez le *Cobitis fossilis*, les canaux déférents se terminent isolément dans une vésicule séminale piriforme impaire (*f*).

(3) Ainsi, chez l'Aulopyge hagelu, poisson de la famille des Cyprins, le canal déférent débouche dans le col de la vessie, et le canal génito-urinaire présente près de son extrémité une petite dilatation ampuliforme (*g*).

(*a*) Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1859, t. XII, pl. 2, fig. 7).
(*b*) Bruch, *Op. cit.*, p. 31, pl. 1, fig. 1; pl. 2, fig. 1.
(*c*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 136, pl. 14.
(*d*) Voyez Hyrtl, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. de Vienne*, t. I, pl. 52, fig. 11).
(*e*) Voyez Lereboullet, *Rech. sur l'anat. des organes génitaux des Animaux vertébrés* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII, p. 83, pl. 30, fig. 202).
(*f*) Hyrtl, *loc. cit.*, pl. 52, fig. 10.
(*g*) Hyrtl, *loc. cit.*, p. 395, pl. 52, fig. 6.

Glandes accessoires.

complique, chez quelques Poissons osseux. Des cryptes ou des glandules se développent dans l'épaisseur de leurs parois, ainsi que cela se voit chez la Carpe (1); mais c'est chez certains Plagiostomes que les réservoirs séminaux atteignent leur plus haut degré de développement. Ainsi, chez les Squales, la partie subterminale de chacun des canaux déférents s'élargit en un réservoir piriforme, dont l'intérieur est divisé en une multitude de troncs ou loges par des diaphragmes transversaux perforés au centre (2).

D'autres fois, la portion subterminale de l'appareil évacuateur de la semence se complique par l'adjonction d'appendices tubulaires ou de sacs membraneux, qui sont tout à la fois des organes sécréteurs et des réservoirs pour la semence. Ainsi,

(1) Chez le Brochet, la structure des réceptacles constitués par le renflement des canaux déférents est identiquement la même que celle des parois de ces tubes, dont la surface intérieure est réticulée (*a*). Chez la Carpe, leurs parois sont plus glandulaires ; on y remarque une multitude de petits orifices qui conduisent dans des follicules ou cryptes de la tunique muqueuse, et livrent passage aux liquides sécrétés dans ces cavités : une disposition analogue existe dans la portion précédente du canal évacuateur du sperme, mais elle est moins prononcée (*b*).

Chez la Baveuse à bande (*Blennius gattorugine*), où les canaux déférents ne se réunissent pas et forment chacun un grand réservoir séminal, des tubes sécréteurs assez complexes viennent déboucher dans le col de ces vésicules, et constituent des glandes accessoires que l'on désigne quelquefois sous le nom d'*appendices prostatiques* (*c*).

Je crois devoir considérer comme des glandes accessoires, plutôt que comme de simples réservoirs séminaux, les grandes poches qui garnissent latéralement la portion subterminale de l'appareil mâle chez le *Gobius jozzo* (*d*).

(2) Ce mode d'organisation a été très-bien représenté par plusieurs anatomistes (*e*).

(*a*) Lereboullet, *Op. cit.*, p. 83, pl. 8, fig. 99 (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII).

(*b*) Martin Saint-Ange. *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des scienc.*, Sav. étr., t. XIV, p. 124, pl. 2, fig. 4).

(*c*) Hyrtl, *Op. cit.*, pl. 52, fig. 9.

(*d*) Idem, *loc. cit.*, pl. 52, fig. 7.

(*e*) Par exemple, chez la Sélache (*Squalus maximus*) : voy. Carus et Otto, *Tabul. Anat. compar. illustr.*, pars V, pl. 5, fig. 8.

— Chez l'Émisole : voy. M. Martin Saint-Ange, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.*, t. XIV).

chez les Squales, il existe à l'origine du canal génito-urinaire commun une paire de sacs membraneux très-grands et allongés, qui, à l'époque du rut, contiennent du sperme mêlé à une substance jaunâtre formée par leurs parois (1). Un mode d'organisation analogue se retrouve chez quelques Poissons osseux.

Dans certains cas, l'appareil urinaire semble être mis à contribution, non-seulement pour compléter les voies affectées à l'évacuation de la semence, mais aussi pour fournir à ce produit les liquides nécessaires à sa dilution. En effet, chez le Squale émissole, l'uretère envoie plusieurs branches dans le canal déférent, et, à l'époque du rut, on trouve les Spermatozoïdes mêlés à de l'urine dans les vésicules séminales où le sperme s'emmagasine (2).

(1) Ces réceptacles cloisonnés formés par le canal déférent, et ces vésicules accessoires, ont été très-bien représentés chez le Squale aiguillat ou *Acanthias*, par Treviranus (*a*).

(2) Chez le Squale émissole, où es testicules de forme subcylindrique sont placés symétriquement à la partie antérieure et supérieure de la cavité abdominale, et sont encapuchonnés postérieurement dans une gaîne de substance grise; le canal évacuateur ésultant de l'anastomose de tous les canaux séminifères longe le bord interne de la glande, et, après s'en être séparé, se subdivise en trois ou quatre canaux qui bientôt se contournent et s'enroulent sur eux-mêmes d'une manière inextricable, pour former un épididyme allongé et claviforme. Ces divisions du canal déférent ne tardent pas à se réunir en un tronc unique, qui continue à se pelotonner sur lui-même, et se détache enfin de l'extrémité postérieure et amincie de l'épididyme. Il s'élargit ensuite pour constituer le réservoir séminal, et celui-ci va déboucher dans le canal génito-urinaire médian, au-dessus des orifices des uretères. Ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le dire, plusieurs petits conduits urinaires pénètrent dans l'épididyme et y débouchent dans le canal déférent (*b*). Le réservoir séminal qui termine chaque canal déférent a la forme d'un grand sac cylindrique ou plutôt fusiforme; il est divisé intérieurement en un grand nombre de loges par des diaphragmes membraneux transversaux dont le centre est percé d'un trou, et ses parois sont garnies de fibres musculaires aussi bien que d'une membrane élastique. Une des grandes vésicules accessoires se trouve appli-

(*a*) G. R. Treviranus, *Beiträge zur nähern Kenntniss der Zeugungstheile und der Fortpflanzung der Fische* (*Zeitschr. für Physiologie*, 1826, t. I, p. 3, pl. 2, fig. 1 et 2).

(*b*) Voyez tome VII, p. 333.

Mode de fécondation.

§ 5. — Ainsi que nous l'avons déjà vu, la fécondation des œufs chez les Poissons s'opère en général après la ponte, et il n'y a entre ces Animaux aucun rapprochement sexuel complet (1). Mais, chez quelques Poissons osseux et chez tous les Plagiostomes, la liqueur séminale du mâle pénètre dans l'intérieur de l'appareil femelle pour y vivifier les œufs. En général, ce phénomène paraît résulter de la juxtaposition des orifices sexuels plutôt que de l'introduction d'un appendice copulateur du mâle dans les voies génitales de la femelle (2). Cependant, chez les Plagiostomes ainsi que chez les Chimères, il existe à la partie postérieure du cloaque une papille conique qui paraît remplir les fonctions d'un pénis (3), et le rapprochement sexuel est facilité par l'action d'organes préhenseurs dont la structure est très-complexe.

Ces appendices n'existent que chez le mâle, mais ils n'ont aucune connexion directe avec les voies génitales; ils sont situés de chaque côté de la base de la queue, un peu en arrière du

quée contre la face interne de chacun de ses réservoirs, et va s'ouvrir aussi dans le bout antérieur du canal génito-urinaire. Enfin, ce dernier canal va déboucher à la partie postérieure du cloaque (*a*).

(1) Ainsi, chez les Épinoches, la fécondation des œufs a lieu après la ponte. La femelle les dépose dans le nid préparé par le mâle, puis en sort pour faire place à celui-ci, qui vient les arroser de son sperme (*b*). La Truite dépose ses œufs sur le gravier ou entre des pierres, dans les eaux vives et peu profondes, puis le mâle les arrose à plusieurs reprises. Le mode de fécondation des œufs est à peu près le même pour le Saumon et pour beaucoup d'autres Poissons.

(2) Il paraît que les Anguilles se rapprochent de la sorte, et que le mâle arrose de sa semence les œufs à mesure qu'ils sont pondus par la femelle (*c*).

(3) Chez le Squale pèlerin, ou *Selache maxima*, cet appendice conique présente des dimensions considérables, et constitue une véritable verge (*d*).

(*a*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, *Sav. étrang.*, t. XIV, p. 134, pl. 14).

(*b*) Coste, *Nidification des Épinoches* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, *Sav. étrang.*, t. X, p. 580).

(*c*) Valenciennes, art. ANGUILLE du *Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, t. I, p. 504.

(*d*) Blainville, *Mém. sur le Squale pèlerin* (*Ann. du Muséum*, 1811, t. XVIII, p. 184).

cloaque, et ressemblent à une paire de grandes tenailles. Ils sont pourvus d'une charpente cartilagineuse composée de plusieurs pièces articulées entre elles, de muscles particuliers et d'une glande volumineuse. Leur structure a été étudiée avec beaucoup de soin par les anatomistes, mais nous ne savons que peu de chose sur leur histoire physiologique (1).

Poche incubatrice des Lophobranches mâles.

Quelques Poissons de l'ordre des Lophobranches présentent dans leur mode de reproduction une particularité fort remarquable. Les œufs se développent dans une poche incubatrice spéciale, et ce réservoir, au lieu d'appartenir à la femelle, comme d'ordinaire dans des circonstances analogues, fait partie de l'organisme du mâle. Elle est située derrière l'anus, sous la queue, et l'on n'en trouve aucune trace chez la femelle. Chez les Syngnathes, une longue fente médiane conduit dans ce réceptacle, dont l'intérieur est divisé en un grand nombre de loges destinées à loger chacune un œuf qui y reste pendant toute la durée de l'évolution de l'embryon. Chez les Hippocampes, cette chambre incubatrice prend la forme d'un sac à orifice étroit, et, chez les Scyphies, elle est remplacée par un espace ouvert où les œufs sont simplement accolés. On ne sait

(1) La charpente solide de ces appendices copulateurs est en relation avec le bassin et avec la nageoire ventrale ; elle présente une structure très-complexe, et se compose d'un nombre considérable de pièces, à plusieurs desquelles quelques anatomistes ont appliqué les noms de *fémur*, de *tibia*, etc., comme si elles étaient réellement les analogues des os des membres, mais ils ne paraissent avoir rien de commun avec ceux-ci. La glande particulière qui se trouve logée dans chacun de ces appendices se compose de tubes sécréteurs qui débouchent dans un sac dont les parois sont musculaires, et dont l'ouverture communique avec une gouttière pratiquée dans la partie adjacente de l'appendice, et dilatable par l'action de muscles spéciaux. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux descriptions données par Duvernoy (*a*), et par MM. Vogt et Pappenheim (*b*).

(*a*) Cuvier, *Anatomie comparée*, 2ᵉ édit., t. VIII, p. 305 et suiv.
(*b*) Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, t. XII, p. 114, pl. 3, fig. 6 et 7).

pas comment les œufs pondus par la femelle passent dans l'appareil incubateur du mâle (1).

Époque du frai. La reproduction des Poissons n'a lieu qu'une fois par an, à des époques qui varient beaucoup, non-seulement suivant les espèces, mais aussi suivant l'âge des individus et la température des eaux dans lesquelles ces Animaux habitent. La Carpe et la Tanche, par exemple, fraient vers le milieu du printemps, tandis que la Truite ne dépose ses œufs qu'au commencement de l'hiver (2). Pour le Brochet, la saison de la ponte dure

(1) Les naturalistes connaissent depuis fort longtemps le fait de l'incubation des œufs de l'Hippocampe et des Syngnathes dans une poche sous-caudale, mais jusqu'à ces derniers temps on attribuait ce réceptacle à la femelle. En 1831, M. Eckstroem annonça que la poche en question appartient au mâle (a), et ses observations, après avoir été l'objet de beaucoup de discussions (b), ont été pleinement confirmées par MM. Vogt et Pappenheim.

Chez les Syngnathes (c), l'entrée de la chambre incubatrice consiste en une longue fente médiane limitée latéralement par deux lèvres formées chacune par un repli de la peau. La voûte et les côtés du réceptacle sont subdivisés en loges assez semblables aux alvéoles des Abeilles, qui sont disposés d'une manière alterne sur huit rangées longitudinales de 30 à 40 chacune. Quelques auteurs pensent que cet appareil ne se développe que dans la saison du frai; mais il paraît exister chez tous les individus mâles. Les petits y restent jusqu'à ce que leur vésicule vitelline ait été complétement résorbée.

Chez les Hippocampes (d), cette chambre incubatrice, au lieu d'être une simple fosse fermée en dessous, par le rapprochement de deux lèvres ou replis cutanés, est un grand sac dont les parois sont creusées de locules disposées en quinconce, et servent à loger les œufs.

(2) Dans les régions hautes des

(a) Eckstroem, *Fiskarne i Mörkö Skärgård* (*Veenskaps Acad. Handlinger*, 1831, p. 70, pl. 2).

(b) Retzius, *Anat. Untersuch. einiger Theile von* Syngnathus acus *und* S. Ophidion (*Isis*, 1835, p. 396).

— Rathke, *Fauna der Krym*, 1836, p. 23. — *Zur Anatomie der Fische* (Muller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1836, p. 181).

— Yarrell, *Remarks on some species of the genus* Syngnathus (*Ann. of Nat. Hist.*, 1839, t. III, p. 81).

— Krohn, *Ueber das Brütorgan der Gattung* Hippocampus (*Archiv für Naturgeschichte*, 1840, t. I, p. 16).

— Siebold, *Ueber die Geschlechtswerkzeuge von* Syngnathus *und* Hippocampus (*Archiv für Naturgeschichte*, 1842, p. 282).

(c) Carus et Otto, *Tabul. Anat. compar. illustr.*, pars v, pl. 5, fig. 6.

— Vogt et Pappenheim, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, t. XI, p. 363, et t. XII, pl. 2, fig. 1 et 2).

(d) Vogt et Pappenheim, *loc. cit.*, t. XII, pl. 2, fig. 3 et 4.

depuis la fin de février jusqu'en avril, et ce sont les jeunes femelles qui commencent; les vieilles pondent les dernières.

§ 6. — Dans la CLASSE DES BATRACIENS, les organes de la reproduction ressemblent beaucoup à ceux des Poissons de la division des Plagiostomes, mais n'atteignent jamais le haut degré de complication que nous venons de constater chez quelques-uns de ces Animaux. Les caractères généraux de leur mode de conformation ont été bien indiqués par Swammerdam et Rœsel (1); plus récemment ils ont été l'objet de recherches anatomiques nombreuses (2), et leur histoire physiologique présente plusieurs points intéressants à étudier.

Organes de la génération des Batraciens

Pyrénées, près de Luchon, la Truite commence à frayer en septembre; mais aux environs de Saint-Béat, où l'été se prolonge davantage, elle ne fraie qu'en octobre ou au commencement de novembre, et à Toulouse la ponte n'arrive qu'environ un mois plus tard (*a*).

(1) Les recherches de Swammerdam, qui datent du XVIIe siècle, eurent pour objet la Grenouille; celles de Rœsel portèrent sur les Batraciens urodèles, aussi bien que sur les Anoures, mais furent plus superficielles (*b*).

(2) On doit consulter à ce sujet les observations de Cuvier, de Rathke, de MM. Prévost et Dumas, et de M. Mayer, qui parurent dans le premier tiers du siècle actuel (*c*); mais pour de bonnes figures à l'appui des descriptions, je citerai principalement les recherches plus récentes de M. Lereboullet sur la Grenouille, de M. Martin Saint-Ange sur le Triton, et de M. Leydig sur le Protée, la Salamandre, le *Bombinator*, etc. (*d*). J'ai mis également à contribution un travail inédit de MM. Vogt et Pappenheim, qui se trouve déposé dans les archives de l'Académie des sciences (*e*).

(*a*) Baudrillart, *Traité général des eaux, forêts, chasses et pêches*, t. IV, p. 553.

(*b*) Swammerdam, *Biblia Naturæ*, t. II, p. 794, pl. 47.

— Rœsel, *Historia naturalis Ranarum*, 1758.

(*c*) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*.

— Rathke, *Beiträge zur Geschichte der Thiere*, 1820, t. I.

— Prévost et Dumas, *Sur la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, p. 278).

— Mayer, *Analekten für vergl. Anatomie*, 1835 (*Notes sur les organes génitaux des Menobranchus et du Menopoma*).

(*d*) Lereboullet, *Recherches sur l'anatomie des organes génitaux des Animaux vertébrés* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII).

— Bidde, *Vergleich. anat. und histol. Untersuch. über die männlich. Geschlechts- und Harnwerkzeuge der nackten Amphibien*, 1848.

— Martin Saint-Ange, *Étude de l'appareil reproducteur* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, t. XIV).

— Leydig, *Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien*, 1853.

(*e*) Ce travail fait partie du mémoire dont le chapitre sur l'appareil reproducteur des Poissons a été publié dans les *Annales des sciences naturelles*, et se trouve cité ci-dessus.

Ovaires. Les ovaires sont toujours pairs et suspendus à la paroi dorsale de la cavité abdominale, de chaque côté de l'intestin, par un repli du péritoine. Ils ne sont jamais en communication directe avec l'extérieur, comme chez la plupart des Poissons osseux, et leurs produits sont toujours évacués au dehors par des oviductes spéciaux qui sont indépendants de ces glandes. Mais ces ovaires sont creux, et les œufs, au lieu de se détacher de leur surface extérieure, comme chez les Plagiostomes, tombent d'abord dans leur cavité, pour passer ensuite dans la chambre abdominale ou directement dans les oviductes, par suite de la rupture ou la résorption d'une portion de leurs parois (1). Leur forme générale varie avec celle du corps de l'Animal : ainsi, ils sont tantôt très-allongés et presque cylindriques, d'autres fois trapus et froncés. La cavité de ces grands sacs ovariens est simple chez les Urodèles (2), mais elle est subdivisée en plusieurs loges par des cloisons membraneuses chez les Anoures (3).

(1) Quelques auteurs ont décrit ces ovaires comme ayant, à leur partie antérieure, des orifices préexistants (*a*); mais aujourd'hui les anatomistes sont d'accord pour reconnaître que ces organes sont d'abord des sacs complétement fermés et qu'ils se vident à l'époque du frai, par suite de la rupture de leurs parois.

(2) Chez le Triton à crête, les ovaires se composent chacun d'un grand sac imparfaitement divisé en trois lobes, dans l'intérieur desquels les œufs mûrs sont suspendus en grappes, tandis que les autres sont plus ou moins complétement empâtés dans la couche pariétale de stroma (*b*). Les œufs sont d'abord incolores, mais deviennent d'un brun jaune clair, par suite du développement des corpuscules vitellins dans leur intérieur.

(3) Les ovaires de la Grenouille consistent en une paire de grosses masses lobées, séparées entre elles par le canal digestif, et suspendues symétriquement de chaque côté de la colonne vertébrale à l'aide d'un repli du péritoine, qui les renferme entre ses feuillets et qui ressemble à un mésentère. Chacun de ces organes (*c*) porte à son extrémité antérieure un certain nombre d'appendices de tissu grais-

(*a*) Stannius et Siebold, *Nouveau Manuel d'anatomie comparée*, 1849, t. II, p. 215.
(*b*) Voyez Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 109, pl. 11, fig. 1.
(*c*) Rœsel, *Historia naturalis Ranarum*, pl. 8.

Les œufs, après leur sortie de l'ovaire, ne pénètrent pas toujours directement dans les trompes ; parfois ils errent pen-

seux (a), et se compose de plusieurs sacs ovulaires indépendants les uns des autres, disposés transversalement, élargis du côté externe, où ils sont libres, et rétrécis du côté interne, où ils convergent vers leur point d'attache commun. Une couche mince de tissu proligère contenant un lacis de vaisseaux sanguins est appliquée à la face interne de cette tunique péritonéale, et recèle dans sa substance un nombre incalculable d'œufs à divers degrés de développement. L'aspect de l'ovaire varie beaucoup, suivant l'état de développement plus ou moins avancé des ovules. Ceux-ci sont d'abord complétement empâtés dans le stroma commun ; mais, à mesure qu'ils grandissent, ils font saillie à la surface interne du sac ovarien, en poussant devant eux une couche mince du tissu adjacent, ainsi que les vaisseaux sanguins circonvoisins (b). L'espèce d'ampoule formée de la sorte constitue pour chaque œuf une capsule particulière qui adhère d'abord aux parties sous-jacentes par une large base ; mais à mesure que l'œuf grossit et devient de plus en plus saillant, cette base se rétrécit et ne tarde pas à devenir un pédoncule étroit (c). L'œuf, encore renfermé dans sa capsule, est alors suspendu comme un grain de raisin dans l'intérieur de la cavité de l'ovaire, et lorsque cette capsule, où il est complétement libre, vient à se rompre, comme cela a toujours lieu à une certaine période du travail génésique, il tombe dans l'intérieur du sac ovarien correspondant. Chacun de ces grands sacs se remplit ainsi d'un grand nombre d'œufs ovariens mûrs, tandis qu'une autre série d'ovules plus jeunes se développe dans l'épaisseur de ses parois. Enfin, le sac ovarien lui-même, distendu de plus en plus par cette accumulation d'œufs libres dans sa cavité, s'ouvre par suite de la rupture ou de la résorption d'une partie de ses parois, et laisse échapper tous ces corps reproducteurs, qui passent dans la seconde partie de l'appareil de la génération, c'est-à-dire dans les oviductes.

Lorsque l'œuf commence à se développer dans l'épaisseur du stroma, il est très-petit et complétement transparent. On y distingue une membrane vitelline, un vitellus incolore et homogène, une vésicule de Purkinje sphérique, et dans l'intérieur de celle-ci, des corpuscules qui représentent la tache de Wagner et qui paraissent être des cellules. Le tissu ovarien circonvoisin est lâche et ne constitue pas encore une capsule, mais il devient plus tard le siége d'une sorte d'hypertrophie ;

(a) Chez le *Pipa*, ces appendices graisseux sont développés d'une manière très-remarquable : voy. Mayer, *Beitr. zu einer anatomischen Monographie der* Rana pipa (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1825, t. XII, pl. 49 A).

(b) Voyez Lereboullet, *Recherches sur l'anatomie des organes génitaux*, pl. 4, fig. 54.

(c) Idem, *ibid.*, pl. 4, fig. 55.

— Idem, *ibid.*, pl. 4, fig. 52-55.

— Prévost et Dumas, *Deuxième mémoire sur la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. II, p. 100, pl. 6, fig. 1).

— Lereboullet, *Op. cit.*, pl. 1, fig. 52.

dant quelque temps dans la cavité abdominale, entre les viscères, avant de s'engager dans ces conduits (1).

Oviductes. Les oviductes sont des tubes très-longs et intestiniformes, qui, suspendus à une sorte de mésentère, décrivent une multitude de circonvolutions, et s'étendent de chaque côté de l'abdomen, depuis le voisinage du cœur jusqu'au cloaque (2). A leur extrémité antérieure, ils ne sont pas réunis entre eux, comme chez les Poissons plagiostomes, et se terminent chacun par une espèce d'entonnoir membraneux ; mais cet orifice est peu mobile et n'est pas susceptible de s'appliquer sur l'ovaire. Les parois de l'oviducte sont épaisses et garnies de fibres musculaires, ainsi que d'une multitude de follicules ou glandules destinées à sécréter des matières albuminoïdes dont les œufs s'entourent pen-

des fibres nouvelles s'y développent, ses vaisseaux sanguins se multiplient, et il constitue une sorte de kyste dont la face interne se garnit d'une couche de tissu épithélique analogue à celui que nous avons vu former le chorion, ou coque de l'œuf, chez les Poissons osseux. Mais ici, ce revêtement cellulaire n'a qu'une existence transitoire, et MM. Vogt et Pappenheim ont constaté qu'après avoir acquis une épaisseur assez grande, il disparaît, ou se transforme en une membrane homogène et transparente. Le vitellus subit en même temps des changements considérables ; il grossit, et l'on y voit apparaître un grand nombre de granules opaques qui semblent animés d'un mouvement brownien, et qui, d'abord arrondis, se transforment plus tard en petites plaquettes irrégulières. Un dépôt de pigment noir et granuleux se montre aussi à la surface de la sphère vitelline, mais ne l'envahit pas en entier, de sorte que l'œuf reste d'un gris sale d'un côté, tandis que du côté opposé il devient noirâtre.

(1) Ainsi, chez les Tritons, à l'époque du frai, on trouve souvent des œufs libres dans la cavité viscérale, tantôt entre l'ovaire et les intestins, tantôt entre les circonvolutions des oviductes, ou même entre les poumons et les parois abdominales (*a*).

(2) Chez les Protées, les oviductes commencent plus en arrière, vers le niveau du milieu de l'estomac, et se portent en ligne droite vers le cloaque (*b*). Il en est à peu près de même chez la Sirène lacertine (*c*).

(*a*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. des sciences, Savants étrangers*, t. XIV, p. 113).

(*b*) Configliachi, *Del Proteo anguineo de Laurenti*. Pavia, 1819.

(*c*) Vaillant, *Mém. pour servir à l'histoire anatomique de la Sirène lacertine* (*Ann. des sciences nat.*, 4ᵉ série, 1863, t. XIX, p. 343, pl. 8, fig. 1).

dant leur passage vers l'extérieur. Chez la plupart des Urodèles, ces tubes ont à peu près le même diamètre dans toute leur longueur (1); mais chez les Grenouilles et les autres Anoures, ils se dilatent beaucoup dans leur portion subterminale, et y constituent, de chaque côté de l'abdomen, un grand réservoir où les œufs s'amassent et séjournent pendant un certain temps (2). Enfin, ces conduits pénètrent dans le cloaque et y débouchent

(1) Par exemple, chez les Salamandres (*a*) et le *Menobranchus lateralis* (*b*).

(2) Chez la Grenouille, les oviductes (*c*) se composent de trois portions bien distinctes. Chacun d'eux commence sur les côtés du cœur, par un orifice circulaire situé à une assez grande distance de son congénère, et rattaché au foie par une bride péritonéale; il se porte ensuite directement en arrière, et ses parois, très-minces et garnies d'un épithélium vibratile, présentent intérieurement des replis longitudinaux. La portion suivante est très-longue (*d*) et se contourne sur elle-même. Ses parois sont épaisses, élastiques et d'un blanc de lait; au contact de l'eau, elles se gonflent beaucoup, se brisent et laissent échapper une matière gélatineuse. Sa tunique interne ou muqueuse présente une surface réticulée et loge une multitude de glandules tubulaires groupées radiairement; un bourrelet composé d'un nombre considérable de papilles forme une sorte de valvule à l'embouchure de cette portion intestiniforme de l'oviducte dans le réceptacle constitué par la troisième partie de ce conduit. Ce sac, que l'on désigne souvent sous le nom d'*utérus*, est très-grand et ovalaire; il adhère à son congénère, à côté duquel il est situé au-dessus du rectum. Ses parois sont plissées, très-extensibles et fort minces, mais elles renferment cependant des glandules, ainsi que des fibres musculaires situées entre la tunique muqueuse et la tunique péritonéale. Postérieurement, ce réservoir incubateur se rétrécit et va déboucher dans le cloaque ou portion terminale de l'intestin, où s'ouvrent aussi les uretères et la vessie urinaire.

Chez les Crapauds calamites, la portion inférieure de l'oviducte est cylindrique, grosse et très-allongée (*e*).

MM. Vogt et Pappenheim ont constaté que chez le Crapaud accoucheur, les deux sacs incubateurs communiquent entre eux par une ouverture pratiquée dans la partie postérieure de

(*a*) Voyez Carus et Otto, *Tabul. Anat. compar. illustr.*, pars V, pl. 6, fig. 1.
(*b*) Voyez Rathke, *Op. cit.*, t. I, pl. 2, fig. 1.
— Delle Chiaje, *Dissertazioni sull'anatomia umana, comparata e pathologica*, t. I, pl. 11, fig. 1.
(*c*) Voyez Rœsel, *Hist. natur. Ranarum*, pl. 8.
— Lereboullet, *Recherches sur l'anatomie des organes génitaux des Animaux vertébrés* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII, pl. 14, fig. 136, etc.).
(*d*) Swammerdam, *Biblia Naturæ*, t. II, pl. 47, fig. 5.
(*e*) Rœsel, *Hist. natur. Ranarum*, pl. 21, fig. 24.

au sommet d'une paire de papilles saillantes situées sur la paroi dorsale de ce vestibule commun.

Œufs. Les œufs sont très-nombreux (1), et en général ils sont agglutinés au moyen d'une matière glaireuse. Ainsi, chez les Grenouilles ils sont réunis en masses informes (2), et chez les Crapauds ils sont disposés en chapelet ou forment de longs cordons cylindriques (3). Chez les Tritons, ils sont pondus isolément et fixés aux feuilles des plantes aquatiques, telles que le *Polygonum persicaria*, à l'aide du mucus qui les entoure (4). Presque toujours le vitellus est noirâtre (5).

la cloison médiane formée par la soudure de leurs parois internes.

Chez le Ménopome, la portion subterminale de l'oviducte s'élargit aussi en manière de réservoir, mais beaucoup moins que chez les Anoures (*a*).

Il existe également un utérus de ce genre chez les Salamandres terrestres (*b*), tandis que chez les Tritons, l'oviducte est cylindrique dans toute sa longueur et ne se dilate pas de la sorte vers le bout (*c*).

L'appareil génital femelle du *Lepidosiren* (*d*) ressemble à celui des Batraciens pérennibranches plus qu'à celui des Poissons plagiostomes. Les ovaires sont très-allongés; chaque oviducte se termine antérieurement par une ouverture particulière en forme de fente. Postérieurement, ces deux conduits se réunissent en un canal médian assez large, mais très-court, qui débouche à la partie postérieure du cloaque. A leur surface interne, ces tubes présentent des plis lamelleux, mais on n'y voit pas d'organe sécréteur particulier.

(1) Swammerdam a compté plus de 1100 œufs dans les ovaires d'une Grenouille, et Spallanzani en a trouvé plus encore chez un Crapaud : une seule ponte lui en donna jusqu'à 1200.

(2) Chez les Rainettes, les œufs sont groupés de la même manière.

(3) Chez le Crapaud brun, les œufs sont réunis en un seul conduit cylindrique très-gros (*e*); mais chez le Crapaud commun, ils forment deux cylindres grêles (*f*).

(4) Ce pigment noir manque dans les œufs de l'Alyte, ou Crapaud accoucheur, et du *breviceps*, ou Crapaud bossu.

(5) La femelle plie ces feuilles en deux pour y loger ses œufs (*g*).

(*a*) Mayer, *Analekten für vergl. Anatomie*, t. I, p. 72.

(*b*) Sa longueur est d'environ dix fois celle du corps de l'Animal.

(*c*) Voyez Rathke, *Op. cit.*, t. I, pl. 1, fig. 1.

— Funk, *De Salamandræ terrestris tractatus*, 1827, pl. 3, fig. 10.

— Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, pl. 10, fig. 1.

(*d*) Owen, *Description of the* Lepidosiren annectens (*Trans. of the Linn. Soc.*, t. XVIII, p. 349, pl. 17, fig. 7).

(*e*) Rœsel, *Historia naturalis Ranarum*, pl. 17, fig. 1 et 2.

(*f*) Idem, *ibid.*, pl. 20, fig. 2.

(*g*) Rusconi, *Amours des Salamandres*, p. 19 et suiv., pl. 2, fig. 2, et pl. 3.

§ 7. — L'appareil mâle des Batraciens présente plusieurs particularités. En général, les testicules sont simples, c'est-à-dire ne forment chacun qu'une seule masse (1); mais chez les Tritons et les Salamandres, chacun de ces organes est en général divisé en deux ou plusieurs portions situées à la file l'une derrière l'autre (2), et offrant des apparences assez variées, suivant le degré de développement des produits séminaux contenus dans leur intérieur (3). Appareil mâle.

(1) Ainsi, chez la Grenouille, les testicules ont la forme de deux corps ovoïdes un peu comprimés latéralement, d'apparence lactée ou grisâtre (*a*), qui portent à leur extrémité antérieure un groupe d'appendices graisseux, digités et de couleur jaune-orange (*b*), dont le volume est considérable en automne ainsi qu'au printemps, et paraît être en rapport avec l'alimentation de l'Animal plutôt qu'avec l'activité reproductrice (*c*). Le volume des testicules varie suivant les saisons, et, à l'époque du rut, est souvent trois fois plus grand après l'accouplement. La tunique albuginée qui les enveloppe est mince et donne naissance à des prolongements cloisonnaires qui s'enfoncent plus ou moins profondément dans la substance de la glande. Les vaisseaux sanguins qui pénètrent dans ces organes par leur côté dorsal et interne forment à leur surface un réseau à mailles pentagonales qui logent les extrémités des tubes séminifères.

(2) On a depuis longtemps remarqué les différences qui existent souvent entre les divers lobes du testicule chez le même Animal, tant sous le rapport de la couleur que du volume et de la forme (*d*). La cause de ces différences, constatée par Duvernoy, indique une indépendance assez grande dans les fonctions des différents lobes de l'organe spermatogène (*e*).

(3) Chez le *Triton tæniatus*, le testicule n'est pas subdivisé (*f*); mais chez le *Triton igneus*, il se compose de deux portions bien distinctes, et chez le *T. niger*, ainsi que chez le *T. cristatus*, on y compte d'ordinaire trois et quelquefois même quatre parties. Chez la Salamandre commune, cette glande est toujours divisée en deux portions séparées par un étranglement et subdivisées chacune en lobules.

(*a*) Quelquefois le péritoine qui les recouvre leur donne une teinte noirâtre.

(*b*) Voyez Prévost et Dumas, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, pl. 20, fig. 1 et 2).
— Lereboullet, *Op. cit.*, pl. 7, fig. 85.

(*c*) Rathke, *De Salamandrarum corporibus adiposis*. Berolini, 1818, p. 4.

(*d*) Fay, *Observations physiques et anatomiques sur plusieurs espèces de Salamandres* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1729, p. 148, pl. 11, fig. 7).

(*e*) Duvernoy, *Fragments sur les organes génito-urinaires des Reptiles*, p. 21 (extrait des *Mém. de l'Académie des sciences*, *Savants étrangers*, t. XI).

(*f*) Rathke, *Ueber die Entstehung und Entwickelung der Geschlechtstheile bei der Urodelen* (*Beitr. zur Geschichte der Thierwelt*, 1820, t. I, pl. 2, fig. 6-12).
— Duvernoy, *loc. cit.*, p. 20, pl. 1 et 2.

Les tubes spermatiques qui constituent le testicule sont terminés en cul-de-sac, et leur fond occupe la périphérie de cet organe, de sorte qu'au premier abord, celui-ci paraît composé d'un amas de vésicules arrondies, logées dans les mailles d'un réseau vasculaire. Ces tubes, semblables à des doigts de gant, convergent vers le bord dorsal de la glande, et y donnent naissance à plusieurs vaisseaux excréteurs très-grêles qui s'en détachent (1).

Conduits évacuateurs.

Les voies par lesquelles les produits du testicule sont évacués au dehors présentent, dans cette classe d'Animaux, des variations très-considérables, et ces différences dépendent principalement des relations qui s'établissent entre le conduit excréteur des corps de Wolf, ou reins temporaires, les canaux urinaires et les tubes séminifères. Pour en bien saisir le caractère, il est nécessaire de prendre en considération le mode de développement de ces organes et les transformations qu'ils subissent chez l'embryon (2).

Dans une des précédentes Leçons, nous avons vu que chez

(1) A raison de la délicatesse extrême de leurs parois, ces tubes spermagènes sont très-difficiles à étudier. Suivant MM. Vogt et Pappenheim, ils se rendraient dans une cavité centrale commune, d'où naîtraient les conduits efférents (*Op. cit.*).

(2) Avant la publication des recherches de Rathke sur le développement des organes génitaux internes des Vertébrés inférieurs, on ne savait que peu de chose sur ce sujet. Les travaux subséquents de J. Müller sur cette partie de l'embryologie sont d'une importance encore plus grande, et dans ces derniers temps, les observations de M. Leydig et de M. Wittich ont jeté de nouvelles lumières sur plusieurs questions encore obscures ou mal expliquées par leurs devanciers (a).

(a) Rathke, *Ueber die Entstehung und Entwickl. der Geschlechstheile bei den Urodeln* (*Beitr. zur Geschichte der Thierwelt*, t. I, 1820). — *Untersuch. über die Geschlechts-Werkzeuge der Schlangen, Eidechsen und Schildkröten* (*Abhandlungen zur Bildungs- und Entwickelungsgeschichte des Menschen und Thiere*, 1852, t. I, p. 21, pl. 3).

— J. Müller, *Bildungsgeschichte der Genitalien aus anatomischen Untersuchungen an Embryonen des Menschen und der Thiere*, 1830.

— Wittich, *Beiträge zur morphologischen und histologischen Entwickelung der Harn- und Geschlechts-Werkzeuge der nackten Amphibien* (*Zeitschrift für wissensch. Zool.*, 1853, t. IV, p. 125, pl. 9).

— Leydig, *Anat.-Histol. Untersuchungen über Fische und Reptilien*, 1853.

tous les Vertébrés il se forme de bonne heure, dans la région dorsale de la cavité abdominale, un organe de structure glandulaire appelé corps de Wolf, qui est destiné à constituer l'appareil urinaire chez les Poissons, mais qui, chez les autres Animaux du même embranchement, ne joue qu'un rôle transitoire dans l'économie, et disparaît plus ou moins complétement à mesure que l'appareil rénal se développe (1). Le conduit excréteur de cet organe transitoire, que l'on peut désigner sous le nom de tube wolfien, se rend au cloaque, et sa portion postérieure est mise à contribution, soit par l'appareil génital seulement, soit par cet appareil et l'appareil urinaire pour l'évacuation de leurs produits. Il en résulte que tantôt cette portion du tube wolfien devient un canal commun faisant fonction d'uretère, aussi bien que de conduit déférent, tandis que d'autres fois l'uretère se constituant d'une manière indépendante, il en reste plus ou moins complétement séparé et sert uniquement à la sortie du sperme. Les différences anatomiques dont il est ici question dépendent donc principalement du point où la coalescence de ces trois sortes de tubes s'effectue, et du développement plus ou moins grand de la portion du système excréteur qui appartient en propre, d'une part aux testicules, d'autre part aux reins. Tantôt les conduits spermatiques et urinaires s'anastomosent et se confondent avant que de s'unir au tube wolfien. D'autres fois, celui-ci reçoit d'abord les conduits spermatiques, et constitue de la sorte un canal déférent particulier, puis s'unit à l'uretère pour former un conduit génito-urinaire commun qui se rend au cloaque. Enfin, dans d'autres cas, la séparation entre l'appareil urinaire et l'appareil génital associé au tube wolfien se continue plus loin, et ils débouchent isolément dans le cloaque commun.

Le premier de ces modes d'organisation nous est offert par

(1) Voyez tome VI, page 306 et suivantes.

[Grenouilles, etc.] les Grenouilles et le Crapaud. Ainsi que je l'ai déjà dit en décrivant l'appareil urinaire de ces Animaux (1), les canaux efférents des testicules pénètrent directement dans la substance des reins, les traversent, et vont déboucher dans l'uretère ou canal excréteur de cette glande (2), conduit qui, à son tour, s'unit au tube wolfien pour aller ensuite se terminer dans le cloaque (3).

[Ménobranches.] Chez les Ménobranches ou *Necturus*, les canaux excréteurs du testicule s'enfoncent également dans la substance du rein, et débouchent, ainsi que les canaux urinifères, dans un conduit qui longe le bord opposé de cette dernière glande ; mais ce conduit se continue supérieurement avec la portion libre du tube wolfien, et paraît être constitué tout entier par ce même canal (4).

[Protée.] Le Protée nous offre un exemple de la seconde combinaison organique dont il vient d'être question. Le canal efférent du testicule, après s'être divisé et pelotonné de façon à constituer un épididyme, débouche par plusieurs branches dans le tube wolfien, dont la portion antérieure reste libre et dont la portion postérieure reçoit plus loin en arrière les canaux efférents des reins, puis continue sa route vers le cloaque pour y verser, soit

(1) Voyez tome VII, p. 337 et suiv.

(2) Le mode de terminaison des canaux efférents dans les canaux urinaires n'a pu être constaté d'une manière satisfaisante, mais il est bien certain qu'ils y débouchent et que ces derniers versent le sperme dans l'uretère. Le réseau formé par les canaux efférents dans la profondeur de la substance des reins a été observé avec soin chez la Grenouille par MM. Vogt et Pappenheim.

(3) Le mode d'union des canaux efférents des testicules avec l'uretère, et de celui-ci avec le tube wolfien, est à peu près le même chez le Crapaud agua, ou *Bufo maculiventris*, si ce n'est que ce dernier tube est plus développé (a).

Les canaux efférents traversent également la substance des reins chez la Salamandre terrestre (b).

(4) Voyez ci-dessus, tome VII, p. 339, note 1.

(a) Leydig, *Handb. der Histologie*, p. 528, fig. 258.
(b) Leydig, *Op. cit.*, p. 527, fig. 257.

l'urine, soit la semence. Ici, c'est par conséquent le canal déférent qui fait fonction de l'uretère, tandis que chez la Grenouille, c'est l'uretère qui tient lieu de canal déférent (1).

Chez les Tritons ou Salamandres aquatiques, la structure de l'appareil génito-urinaire se complique davantage, et, ainsi que je l'ai déjà dit, les anatomistes sont partagés d'opinion au sujet des connexions établies entre les voies urinaires et séminifères. Quoi qu'il en soit, le mode de groupement des conduits génitaux et urinaires paraît participer des deux types que nous venons de passer en revue : car une partie des canaux efférents du testicule se rendent directement dans le canal déférent constitué par le tube wolfien, tandis que d'autres, avant de déboucher dans ce dernier conduit, vont constituer un canal accessoire qui reçoit aussi une partie des tubes urinaires ; mais la plupart des canaux excréteurs des reins, disposés en faisceaux, se rendent au cloaque sans s'anastomoser avec les conduits génitaux. Tritons.

Enfin, chez l'Alyte, ou Crapaud accoucheur, le canal évacuateur du testicule, complété suivant toute apparence par le tube wolfien, se rend au cloaque sans avoir aucune communication avec l'appareil urinaire (2). Alyte.

(1) Voyez tome VII, page 338, et pour plus de détails, les observations de M. Leydig (*Unters. über Fische und Reptilien*, p. 78, pl. 4, fig. 30. — *Lehrbuch der Histologie*, p. 527, fig. 257 A).

(2) Chez le Triton à crête, par exemple, chaque testicule, garni de bandelettes adipeuses, et divisé, comme je l'ai déjà dit, en plusieurs lobes (ordinairement trois) par des étranglements, présente sur le long de son bord un léger renflement que M. Martin Saint-Ange a décrit comme étant un canal commun, ou réservoir de Highmore (*a*). Les canaux efférents sortent isolément au nombre de quatre à six, et se pelotonnent bientôt sur eux-mêmes pour constituer un épididyme très-allongé, de l'extrémité antérieure duquel se détache un conduit assez gros qui se dirige en avant et va se confondre avec le tube wolfien adjacent (ou ligament de l'épididyme, suivant quelques anatomistes), de façon à former une anse et à se porter ensuite d'avant en arrière. Le canal déférent ainsi constitué présente de

(*a*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 101, pl. 11, fig. 4.

Glandes accessoires chez le mâle.

Chez quelques Batraciens, des glandes accessoires se groupent autour de la portion inférieure du canal évacuateur de la semence, et ces organes sécréteurs, de même que diverses parties de l'appareil urinaire, peuvent servir comme réservoir pour ce liquide à l'époque du rut. Ainsi, chez la Grenouille, il existe à la partie postérieure de l'uretère une poche auriculiforme qui se compose de tubes sécréteurs, et qui est connue des anatomistes sous le nom de *vésicule séminale* (1). Chez les Tritons, la dis-

nombreuses circonvolutions et reçoit successivement plusieurs canaux excréteurs accessoires fournis, comme la branche principale déjà mentionnée, par l'épididyme. Enfin, il va déboucher dans le cloaque, à côté de son congénère (*a*). D'autres conduits excréteurs du testicule se rendent dans un canal accessoire qui gagne la partie antérieure des reins, et qui paraît y communiquer avec quelques branches des voies urinaires, puis va se terminer dans le tronc du canal déférent déjà mentionné (*b*). Les uretères fusiformes et nombreux qui naissent des reins, et qui vont déboucher dans le cloaque, à côté de l'orifice génital, sont gorgés d'un liquide blanchâtre à l'époque du rut, et plusieurs naturalistes les ont considérés comme des vésicules séminales (*c*); mais, en général, on n'y rencontre pas de Spermatozoïdes (*d*). MM. Vogt et Pappenheim y ont cependant constaté la présence de ces corpuscules fécondateurs à l'époque du rut, chez la Salamandre maculée.

(1) Cet appendice, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler (*e*), naît du bord externe de l'urèthre, ou canal uréthro-spermatique ; il est aplati et renferme sept ou huit petits systèmes de cavités rameuses qui débouchent chacun dans l'urèthre par un orifice particulier. Il en résulte que ce réservoir présente une apparence caverneuse (*f*); mais il est en réalité formé par une série de tubes rameux dont les troncs principaux sont rangés parallèlement et dont les branches s'élargissent en manière d'utricules. Ils sont tapissés par une couche d'épithélium et reçoivent beaucoup de vaisseaux sanguins. La tunique commune de ce réservoir spermatique est fibreuse et contractile.

Chez le Crapaud cornu (*Ceratophrys dorsata*), cette glande accessoire, ou vésicule séminale, manque. (Voyez tome VII, p. 338.)

(*a*) Voyez Prévost et Dumas, *Sur la génération* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, pl. 20, fig. 3 et 4).
— Lereboullet, *Op. cit.* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII, pl. 8, fig. 92 et 93).
(*b*) Voyez tome VII, p. 341.
(*c*) Dufay, *Observations sur plusieurs espèces de Salamandres* (*Mém. de l'Académie des sciences*, 1720).
— Rathke, *Ueber die Urodelen* (*Beitr. zur Geschichte der Thierwelt*, t. I).
(*d*) Prévost et Dumas, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, p. 282).
(*e*) Voyez tome VII, p. 337.
(*f*) Voyez Lereboullet, *Op. cit.*, pl. 8, fig. 88 et 89.

position du cloaque rend très-facile le reflux du sperme jusque dans la vessie urinaire (1).

Cloaque.

La terminaison des voies génitales dans le cloaque ne présente aucune particularité dont il soit bien important de tenir compte. D'ordinaire, ces orifices sont situés au sommet de petites papilles érectiles ou de plis de la membrane muqueuse qui tapissent ce vestibule commun, et l'on peut considérer ces éminences comme des vestiges de l'appareil qui, chez les Vertébrés plus élevés en organisation, effectuent l'introduction du sperme dans les voies génitales de la femelle; mais ici ils ne servent qu'à diriger le jet formé par ce liquide au moment de l'éjaculation (2).

(1) Le cloaque est séparé du rectum par une valvule circulaire et deux gouttières situées à sa face dorsale, sur les côtés d'une sorte de raphé médian conduisant l'urine, ainsi que la semence, des orifices des voies génito-urinaires dans la vessie, ou de ce réservoir vers le sommet de l'appendice éjaculateur. Quelques auteurs considèrent les uretères fusiformes de ces animaux comme étant des vésicules séminales, parce qu'à l'époque du rut on les trouve gorgés d'un liquide laiteux, et M. Bidder assure y avoir aperçu des Spermatozoïdes (*a*); mais dans la plupart des cas, la semence ne pénètre pas dans ces tubes (*b*).

(2) Chez les Tritons, cette papille est située immédiatement derrière le repli valvulaire qui sépare le cloaque du rectum. Elle est creusée de trois sillons longitudinaux et recouverte d'un épithélium pavimenteux, mais elle ne contient pas de tissu érectile. Ainsi que nous l'avons déjà vu, la vessie urinaire débouche dans le cloaque, en face des orifices génito-urinaires.

Il est aussi à noter que de nombreux muscles entourent le vestibule génito-excrémentitiel, et servent, pour la plupart, à dilater l'anus, tout en tirant cet orifice en arrière (*c*). Tels sont :

1° Une paire de muscles rétracteurs supérieurs, ou coccy-vestibuliens;

2° Une paire de muscles rétracteurs inférieurs, ou ischio-vestibuliens;

3° Une paire de muscles abaisseurs, ou ischio-coccygiens;

4° Un muscle abaisseur de l'anus, ou pubio-vestibulaire.

Un effet contraire est produit par la contraction d'un sphincter anal très-gros.

(*a*) Bidder, *Vergleich. anat. und histol. Untersuch. über die männlichen Geschlechts- und Harnwerkzeuge bei nackten Amphibien*, 1846.

(*b*) Prévost et Dumas, *Observations relatives à l'appareil générateur des Animaux mâles* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, p. 282).

— Duvernoy, *Fragments sur les organes génito-urinaires des Reptiles*, p. 93.

(*c*) Voyez Lereboullet, *Op. cit.*, p. 145, pl. 18, fig. 191 ; pl. 19, fig. 193, 194.

Enfin, chez les Batraciens urodèles et pérennibranches, l'appareil génital du mâle est complété par des organes sécréteurs qui débouchent dans le cloaque, et qui ont été considérés par beaucoup d'anatomistes comme les analogues de la prostate ou des glandes de Cowper, dont l'étude nous occupera dans la prochaine Leçon. Ils consistent en une multitude de tubes terminés par un renflement ampullaire et produisant une substance laiteuse. A l'époque du rut, ils deviennent turgides, et chez les Tritons ils ont alors un volume considérable (1).

Mode de fécondation.

§ 8. — Ainsi que je l'ai déjà dit, il n'y a presque jamais une véritable copulation chez les Batraciens (2), et d'ordinaire la fécondation des œufs n'a lieu qu'après la ponte. Souvent le mâle se borne à nager autour de la femelle, et à répandre dans l'eau qui la baigne la liqueur séminale destinée à vivifier ses œufs, ainsi que cela se voit chez les Tritons (3). D'autres fois, chez les Grenouilles et les Crapauds, par exemple, le mâle se cramponne sur le dos de la femelle, en la saisissant par les flancs

(1) Chez les Tritons, cet appareil glandulaire se compose de trois paires de lobes, dont deux bordent le cloaque, et la troisième s'avance sous l'abdomen (*a*). Il se trouve chez la femelle aussi bien que chez le mâle, mais il est beaucoup plus développé chez ce dernier. Ces glandes sont également très-développées chez la Salamandre terrestre (*b*).

(2) Les Cécilies, qui paraissent devoir prendre place dans la classe des Batraciens, bien que la forme générale de leur corps soit semblable à celle des Serpents, sont pourvues d'organes copulateurs analogues à ceux des Lézards (*c*).

(3) Les manœuvres du mâle autour de la femelle sont très-remarquables. Il la poursuit, tourne autour d'elle, l'excite et semble en épier tous les mouvements ; dès qu'il s'aperçoit qu'un œuf est pondu, il s'en approche vivement et y lance un jet de sperme. Pendant la saison du rut, le corps du mâle prend aussi des couleurs plus intenses et des crêtes cutanées se développent tant sur le dos que sous la gorge, et acquièrent souvent des dimensions très-considérables (*d*).

(*a*) Voyez Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, pl. 11, fig. 3, 3' et 6.
(*b*) Rathke, *Op. cit.* (*Beitr. zur Geschichte der Thierwelt*, t. I, pl. 1, fig. 3 et 6).
(*c*) Voyez Duvernoy, *Atlas du Règne animal* de Cuvier, Reptiles, pl. 36 *ter*, fig. 7.
(*d*) Rusconi, *Amours des Salamandres aquatiques*, p. 17 et suiv.

au moyen de ses pattes antérieures, et, tout en nageant avec elle, arrose de semence les œufs au moment où celle-ci les évacue au dehors (1). Mais, chez quelques-uns des Animaux de cette classe, la fécondation s'opère avant la ponte, et les œufs se développent dans l'intérieur de la chambre incubatrice formée par la portion terminale de l'oviducte. Cela a lieu chez les Salamandres terrestres (2) et chez un Batracien du Chili appelé *Rhinoderma Darwinii* (3).

(1) Les Grenouilles s'accouplent dans l'eau et nagent ainsi, le mâle placé sur le dos de la femelle, qu'il embrasse étroitement entre ses pattes antérieures (*a*). Cette union dure très-longtemps, quelquefois une vingtaine de jours sans interruption, et chez quelques espèces, telles que la Grenouille rousse, le pouce du mâle se gonfle alors à sa base, et s'y couvre de rugosités qui s'enfoncent dans les flancs de la femelle, de façon à y déterminer des excoriations. Lorsque les œufs sortent du cloaque de la femelle, le mâle les féconde en y lançant sa semence par petits jets; quelquefois il épuise sa provision de liqueur spermatique, et abandonne sa compagne avant que la ponte soit terminée, et alors un autre mâle lui succède. D'autres fois le même mâle s'accouple successivement avec deux ou même trois femelles; mais, en général, l'accouplement, qui commence longtemps avant la ponte, dure jusqu'à ce que cette opération soit terminée. Pendant la durée de ce rapprochement sexuel, le mâle paraît être presque insensible à la douleur: ainsi, dans des expériences faites par Spallanzani, on l'a vu recevoir des blessures extrêmement graves, sans quitter sa femelle ni discontinuer à féconder les œufs pondus par celle-ci. Il en est de même pour les Crapauds (*b*).

(2) Le développement des jeunes Salamandres dans l'intérieur de l'oviducte de leur mère a été constaté par Perrault et par Maupertuis (*c*), ainsi que par beaucoup de naturalistes plus récents.

Chez la Salamandre noire des Alpes, la copulation commence à terre et se continue dans l'eau; le mâle s'unit à la femelle en se plaçant sous elle ventre à ventre et en l'enlaçant avec ses pattes: celle-ci l'entraîne alors dans l'eau, et l'union sexuelle dure plusieurs heures (*d*).

(3) Le viviparisme de ce Batracien anoure a été constaté par M. Gay, et implique la fécondation intérieure (*e*).

(*a*) Voyez Swammerdam, *Biblia Naturæ*, pl. 48 *a*, fig. 1.
— Rœsel, *Hist. nat. Ranarum*, pl. 1, fig. 1 et 2.
(*b*) Spallanzani, *Expér. pour servir à l'hist. de la génération*, p. 86, 288, etc.
(*c*) Perrault, *Mém. pour servir à l'histoire naturelle des Animaux*, 3ᵉ partie, p. 81, pl. 16.
— Maupertuis, *Observations et expériences sur une des espèces de Salamandre* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1727, p. 32).
(*d*) Schreibers, *Ueber die specifische Verschiedenheit des gefleckten und des schwarzen Erd-Salamanders oder Molches und der höchst merkwürdigen ganz eigenthümlichen Fortpflanzungsweise des Letztern* (*Isis*, 1833, t. V, p. 527).
(*e*) Gay, *Historia fisica y politica de Chile*, ZOOLOGIA, t. II, p. 122.

Dépôt des œufs.

§ 9. — Il est aussi à noter que certains Batraciens n'abandonnent pas leurs œufs après les avoir pondus et fécondés, mais s'en chargent, et les transportent avec eux pendant que l'incubation s'effectue. Ainsi, chez le Crapaud accoucheur, où les œufs sont réunis en un chapelet glaireux, le mâle s'en empare à mesure que la ponte s'en effectue, entortille ce cordon autour de ses pattes postérieures, et le transporte ainsi avec lui à sec, jusqu'au moment où l'éclosion doit avoir lieu ; mais alors il se plonge dans l'eau, dont l'action détermine la déhiscence de la coque des œufs et la sortie des petits (1).

Le Pipa, ou Crapaud de Surinam, présente sous ce rapport des particularités encore plus remarquables. Le mâle aide la femelle à accoucher et place les œufs sur le dos de celle-ci; ils y déterminent une sorte de gonflement ou d'hypertrophie de la peau, qui se boursoufle autour de ces corps, et, de la sorte, chacun de ceux-ci se trouve bientôt logé dans une espèce d'alvéole. Le dos de la femelle se creuse ainsi d'une cinquantaine de petites loges qui sont autant de

(1) L'accouplement du Crapaud accoucheur, ou *Alytes obstetricans*, n'a pas lieu dans l'eau, comme cela est ordinaire chez les Batraciens. La femelle étant à terre, le mâle, dont la taille est beaucoup plus petite que la sienne, se cramponne sur son dos, et se fait ainsi transporter par elle. Lorsque la ponte commence, il tire à lui avec une de ses pattes postérieures le bout du chapelet formé par les œufs agglutinés, et l'entortille autour de ses cuisses en y donnant la disposition d'un chiffre huit qui serait couché transversalement (∞). Il est à présumer que pendant cette opération, il les féconde en les arrosant de sperme, car leur enveloppe est encore molle en ce moment; mais, par le contact de l'air, elle ne tarde pas à se dessécher et à durcir de façon à constituer une coque assez résistante. Le mâle transporte ainsi les œufs avec lui pendant plusieurs semaines, et lorsque la période d'incubation est terminée, il va à l'eau; puis, au bout de quelques minutes, sous l'influence de ce liquide, la coque de ces corps se brise circulairement, et laisse sortir le petit têtard, qui se met à nager (*a*).

(*a*) Demours, *Observations sur le Crapaud* (*Mém. de l'Académie des sciences*, 1778, p. 7).

chambres incubatrices dans lesquelles les embryons se forment et se développent (1).

§ 10. — Dans la classe des REPTILES, la fécondation des œufs s'opère toujours avant la ponte, par introduction directe du liquide séminal dans l'appareil génital de la femelle, et à ce perfectionnement correspond une complication nouvelle des organes mâles, qui se complètent par le développement d'instruments copulateurs (2).

Appareil de la reproduction des Reptiles.

A l'extérieur du corps, les différences sexuelles sont toujours faibles et souvent elles ne sont pas appréciables. Chez les Chéloniens, les individus mâles sont reconnaissables à la forme un peu excavée de leur plastron sternal, et chez les Sauriens, la base de la queue est en général étroite et arrondie chez la femelle, tandis que chez le mâle, elle est un peu aplatie et élargie ; mais

(1) Madame Mérian, iconographe habile du XVII[e] siècle (a), fut la première à parler de ce singulier Batracien; mais elle croyait qu'il produisait ses petits par le dos (b). Un autre naturaliste crut avoir constaté que l'individu qui porte ainsi les œufs était le mâle, et non la femelle (c) ; mais les observations faites en 1762 par un médecin de Surinam, appelé Fermin, firent disparaître ces erreurs (d). Plusieurs auteurs ont donné de bonnes figures du Pipa chargé de ses œufs (e), et l'on sait, par les observations de Blumenbach et de Duméril, que non-seulement le têtard se développe complétement dans l'intérieur de la loge ovigère, mais qu'il y subit même ses métamorphoses, de façon à en sortir sous la forme de Batracien anoure (f).

(2) Chez les Serpents, la copulation dure plusieurs heures; les deux individus s'entortillent mutuellement en ne laissant libre que la partie antérieure de la tête et en se regardant nez à nez (g).

(a) En général, on désigne cet auteur sous le nom de mademoiselle Mérian, parce que jadis le titre de dame était réservé à la noblesse.

(b) M. S. Mérian, *Dissertation sur la génération et les transformations des Insectes de Surinam*, 1726, p. 50, pl. 59.

(c) Vallisnieri, *Historia del Cameleonte* (*Opere fisico-mediche*, t. I, p. 433 et suiv., pl. 41, fig. 6).

(d) Fermin, *Développement parfait du mystère de la génération du fameux Crapaud de Surinam*. Mästricht, 1762.

(e) Seba, *Thesaurus Animalium*, t. IV, pl. 19 et 20.

— Duvernoy, *Atlas du Règne animal* de Cuvier, REPTILES, pl. 39, fig. 2.

(f) Duméril, *Erpétologie*, t. VIII, p. 219.

(g) Par exemple, chez les Vipères : voyez Charas, *Anatomie de la Vipère* (*Mém. pour servir à l'histoire naturelle des Animaux*, par Perrault, etc. ; publié par l'Académie des sciences, 1732, t. III, 2[e] partie, pl. 68).

ces caractères manquent souvent. La fécondité est beaucoup moins grande que chez les Batraciens (1), mais les œufs sont plus complets et ressemblent davantage à ceux des Poissons plagiostomes, car ils sont toujours pourvus d'une coque bien organisée, et quelquefois même cette enveloppe devient semblable à la coquille d'un œuf d'oiseau.

Ainsi, chez les Crocodiliens, la sphère vitelline est entourée d'un albumen qui, à son tour, est renfermé dans une tunique membraneuse particulière, et celle-ci est revêtue d'une coquille calcaire. La coque de l'œuf est également calcaire chez certains Chéloniens (les Tortues terrestres et paludines), mais chez les Tortues de mer, les Sauriens ordinaires et les Ophidiens, elle offre seulement la consistance du parchemin. Je rappellerai aussi que l'albumen de l'œuf présente une composition particulière chez les Chéloniens (2), et que chez les Ophidiens, cette substance manque. Enfin, la forme de ces œufs est en général ovalaire (3).

Ovaires. § 11. — L'ovaire est toujours double, mais n'est pas toujours placé symétriquement de chaque côté du plan médian;

(1) Le nombre des œufs pondus à la fois s'élève souvent à trente, ou même quarante, chez la Couleuvre à collier, mais ne paraît être que d'environ dix chez les Calamaries (a).

Chez quelques Tortues, chaque ponte ne se compose que de quatre ou cinq œufs, ou même de deux ou trois seulement (b).

(2) Voyez ci-dessus, page 325.

(3) Chez les Chéloniens, les œufs présentent des formes diverses suivant les espèces : quelquefois ils sont sphériques, chez le *Thalassiochelys caouana* et le *Xerobates carolinus* (c) ; mais, en général, ils sont ovalaires, et souvent leur grand diamètre l'emporte de beaucoup sur le petit diamètre ; parfois ils sont un peu incurvés, de façon à être presque réniformes (d), mais leurs deux extrémités sont toujours de même grosseur.

Les œufs des Geckos sont sphériques et à coque calcaire (e).

(a) Schlegel, *Physionomie des Serpents*, p. 87.
(b) Agassiz, *Contrib. to the Nat. Hist. of the United States*, t. II, p. 490.
(c) Voyez Agassiz, *Op. cit.*, pl. 17, fig. 28-30.
(d) Par exemple, chez le *Malacoclemmys palustris* : voy. Agassiz, *loc. cit.*, pl. 7 a, fig. 14.
(e) Duméril, *Erpétologie générale*, t. III, p. 274.

car dans les espèces dont le corps est très-étroit, les Serpents, par exemple, l'un de ces organes est placé beaucoup plus en avant que l'autre. Leur conformation diffère aussi un peu chez les divers Animaux de cette classe, et, sous ce rapport comme sous beaucoup d'autres, les Reptiles, dont l'anus a la forme d'une fente transversale, c'est-à-dire les Ophidiens et les Sauriens ordinaires, diffèrent de ceux où cet orifice est longitudinal, disposition qui se rencontre chez les Crocodiliens et les Chéloniens. Chez les premiers, l'ovaire est creux et consiste en un sac ou un tube assez semblable à celui des Batraciens, et dont la cavité reçoit les œufs quand ceux-ci, arrivés au terme de la croissance du globe vitellin, rompent leur capsule et deviennent libres; puis les parois de ce réceptacle se rompent à leur tour pour laisser sortir les œufs, qui passent dans l'oviducte. Les choses se passent donc là à peu près comme chez les Batraciens, si ce n'est que la cavité centrale de l'ovaire, traversée par des brides, est peu extensible, et que chaque œuf en sort presque aussitôt après qu'il s'est détaché des parois de cette glande ovigène. Cela est facile à observer chez les Ophidiens, dont les ovaires sont tubulaires.

Ophidiens et Sauriens ordinaires.

Chez les Chéloniens et les Crocodiliens, les ovaires sont disposés autrement (1). Par suite d'une coalescence plus complète des parois de l'espèce de sac formé par chacun de ces organes, leur cavité centrale s'efface, et chaque œuf, à mesure qu'il grossit dans l'épaisseur de leurs parois, au lieu de se porter en dedans vers ce réceptacle commun, fait saillie au dehors (2); la

Chéloniens et Crocodiliens.

(1) La forme générale de ces organes, chez les Chéloniens, a été très-bien figurée par plusieurs anatomistes, parmi lesquels il convient de citer en première ligne Bojanus (a).

(2) M. Agassiz a publié récemment

(a) Chez la Tortue d'Europe, par Bojanus (*Anat. Test. europ.*, pl. 30, fig. 188).
— Chez le *Chrysemys picta* et le *Glyptemys insculpta*, par M. Agassiz (*Contrib. to the Nat. Hist. of the United States*, t. II, pl. 9 *b*, fig. 10 et 11).

surface extérieure de l'ovaire devient ainsi fortement bosselée; puis chacun de ces tubercules, s'avançant davantage et s'étranglant à sa base, devient pédonculé, et l'organe tout entier prend

une longue série de recherches très-intéressantes sur le développement de l'œuf et sur l'embryologie des Tortues (a). L'accroissement des ovules ovariques est extrêmement lent, et ces corps reproducteurs, après avoir parcouru la première période de leur existence, restent pendant fort longtemps dans un état stationnaire : en sorte que chez une jeune Tortue âgée de cinq ou six ans, ils ont tous à peu près les mêmes dimensions. Mais, à l'époque de la puberté, le développement d'un petit nombre d'entre eux s'active, et ceux-ci entrent dans la période de maturation, laquelle dure plusieurs années. Chaque année, à un moment qui paraît coïncider avec celui de l'accouplement, une nouvelle série d'œufs commence à mûrir, en sorte que chez les individus adultes, l'ovaire renferme plusieurs de ces séries d'âges différents et formées chacune par le nombre d'œufs destinés à composer une même ponte. Les pontes ne se renouvellent que d'année en année; et chez les espèces étudiées par M. Agassiz, la période de maturation des œufs dure environ quatre années : de sorte qu'aux approches de la saison de la reproduction, indépendamment des ovules dans la première période de leur existence, dont le nombre est immense et dont le volume est variable, mais toujours très-petit, l'ovaire renferme quatre séries d'œufs en voie de maturation et d'âges différents, qui se distinguent par les inégalités de leur volume. Chez le *Nanemys guttata*, qui, à chaque ponte, dépose deux ou trois œufs seulement, chacune de ces séries ne se compose que d'un égal nombre d'œufs ; chez le *Chrysemys picta*, les œufs qui sont arrivés à un même degré de développement, et qui sont destinés à être pondus à la fois, sont au nombre de cinq, six ou sept ; enfin, chez le *Chelhydra serpentina*, dont chaque couvée se compose d'une huitaine d'œufs, on trouve dans l'ovaire un nombre correspondant d'ovules de chacune des quatre catégories susmentionnées.

Les ovules naissants se montrent d'abord sous la forme de petits granules sphériques d'apparence graisseuse et complétement indépendants du stroma d'alentour. Ils sont beaucoup plus petits que les cellules du tissu circonvoisin ou même que les noyaux de ces cellules, et c'est plus tard que la capsule ou follicule ovigère se constitue autour de chacun de ces corps, d'abord sous la forme d'une couche d'utricules, puis d'une sorte de kyste composé de deux feuillets, une tunique externe granuleuse, et une tunique interne hyaline, ou zone pellucide. Lorsque l'ovule commence à se constituer ainsi, sa substance paraît être homogène ; mais bientôt il semble se faire un départ entre la matière qui en occupe la périphérie et celle qui se trouve au centre : la première s'épaissit, la seconde

(a) Agassiz, *Contributions to the Natural History of the United States*, t. II, p. 451 et suiv., pl. 8, 9, 9 a.

l'aspect d'une grappe de raisins; enfin la capsule de l'œuf se rompt, et ce dernier quitte l'ovaire pour passer directement dans l'oviducte. Nous avons déjà vu des ovaires en grappe

s'éclaircit, et le tout offre alors l'aspect d'une cellule arrondie. Au début de ce travail d'évolution, la vésicule purkinjéenne ne se distingue pas des matières adjacentes, et les observations de M. Agassiz ne me paraissent pas suffisantes pour résoudre les questions relatives à l'ordre de primogéniture entre cette cellule et les autres parties de la sphère vitelline; mais lorsque l'ovule est un peu plus avancé en âge, cette vésicule intérieure est très-visible et s'accroît rapidement. C'est évidemment un organite vivant, ayant son mode d'activité propre, et engendrant dans son intérieur d'autres organites qui à leur tour donnent des signes d'un pouvoir génésique analogue. En effet, le contenu de la vésicule germinative ou purkinjéenne est d'abord homogène et transparent, mais on y voit bientôt apparaître un noyau appelé vésicule de Wagner, et dans l'intérieur de cette dernière cellule on voit naître ensuite un ou plusieurs nucléoles, ou vésicules de Valentin ; puis la vésicule wagnérienne se détruit, et le contenu de la vésicule purkinjéenne, après être devenu beaucoup plus granuleux, s'éclaircit de nouveau. Pendant que ces phénomènes s'accomplissent, le vitellus donne également des signes d'une certaine activité vitale. On n'aperçoit d'abord, entre la vésicule purkinjéenne et la paroi extérieure de l'ovule destinée à devenir la tunique vitelline, qu'un liquide homogène et transparent ; mais bientôt sa consistance se modifie, des corpuscules granulaires y apparaissent, et ces corpuscules, en se développant à la manière d'autant d'organites particuliers, augmentent rapidement le volume de l'ovule. Ils sont de deux sortes. Les uns, hyalins, incolores et d'apparence albumineuse, occupent l'hémisphère du globe vitellin, où se trouve la vésicule germinative, et doivent être considérés comme les représentants de la substance blastogénique dont il a été question dans une leçon précédente. Les autres, destinés à former les cellules vitellines proprement dites, sont opaques, jaunes et riches en matière grasse ; ils se montrent d'abord au pôle opposé de l'ovule, et bientôt ils occupent l'un des hémisphères du globe vitellin ; mais leur nombre et leur volume venant à augmenter, ils envahissent peu à peu l'autre hémisphère, de façon à rétrécir de plus en plus l'espace hyalin qui entoure la vésicule germinative. Ces corpuscules vitellins, en se développant, subissent aussi des changements considérables. Aux premiers granules opaques en succèdent d'autres qui sont d'abord hyalins, et dont la périphérie se condense bientôt de façon à donner à chacun de ces globules l'apparence d'une vésicule ou cellule arrondie, dont la paroi (appelée *ectoblaste* par M. Agassiz) devient membraneuse et élastique. A l'intérieur de chacune de ces utricules se développe ensuite un noyau, ou *mésoblaste*, qui se montre d'abord sous la forme d'une tache appliquée contre la surface interne de l'ectoblaste, mais qui devient bientôt un corpuscule libre et à contours nettement dessinés ; sa forme

chez les Poissons plagiostomes, et lorsque nous étudierons l'appareil reproducteur des Oiseaux, nous aurons l'occasion de revenir sur l'examen des glandes ovigènes qui offrent ce mode de conformation.

Oviductes. L'oviducte des Reptiles présente également, dans beaucoup de cas, des particularités de structure en rapport avec certains perfectionnements dans le travail physiologique. Ainsi, l'embouchure de ce canal jouit de plus de mobilité que chez les Vertébrés anallantoïdiens (1), et n'est pas toujours une simple fente en forme de boutonnière, comme chez les Batraciens, mais elle s'élargit ordinairement de façon à constituer un entonnoir très-évasé, et elle s'enrichit de fibres musculaires disposées de manière à lui donner la faculté de changer de forme et de position, de s'appliquer sur l'ovaire, de l'embrasser et de recueillir ainsi plus sûrement l'œuf qui s'en détache. Ce mode d'organisation est porté à un degré très-remarquable chez la Couleuvre et chez d'autres Ophidiens.

La portion suivante de l'oviducte (2), étroite et garnie comme d'ordinaire d'une tunique muqueuse couverte d'un épithélium à

cesse alors d'être arrondie pour devenir anguleuse, et sa couleur passe d'une teinte jaune pâle au jaune d'or. Ces changements coïncident avec le développement d'une nouvelle génération de corpuscules appelés endoblastiques, dans l'intérieur du mésoblaste, lesquels offrent une apparence cristalloïde et sont très-chargés d'une matière grasse dont l'aspect a de l'analogie avec celle de la cire. Ces corpuscules deviennent assez gros et augmentent de nombre, de façon à constituer bientôt dans l'intérieur de chaque cellule vitelline une agglomération anguleuse; puis leur substance paraît être résorbée peu à peu, leurs angles s'émoussent, leur nombre diminue, et le mésoblaste ainsi que l'ectoblaste tendent à se désagréger pour faire place à de nouvelles cellules vitellines en voie de développement.

(1) Ce caractère se retrouve chez tous les Vertébrés du sous-embranchement des Allantoïdiens.

(2) L'oviducte des Reptiles est généralement moins long et moins contourné que chez les Batraciens.

Chez le Gecko, ce tube est remarquablement court (a).

(a) Delle Chiaje, *Dissert. sull'anat. umana comparativa*, etc., t. I, pl. 21, fig. 4.

cils vibratiles, ne présente rien qui soit important à noter, mais la seconde portion de ce conduit se modifie à peu près comme nous l'avons vu chez les Poissons plagiostomes; ses parois s'épaississent, se plissent et s'enrichissent d'une multitude de glandules dont les produits servent à compléter l'œuf. C'est là que l'albumen et la coque se forment autour du globe vitellin (1);

(1) La plupart des naturalistes considèrent la formation de ces parties complémentaires de l'œuf comme étant le résultat d'un simple dépôt de matières sécrétées par l'oviducte et appliquées sur le globe vitellin, mais cette théorie mécanique ne me semble pas être l'expression de la vérité, et les enveloppes en question, tout en tirant leur substance des produits de la sécrétion des glandules de l'oviducte, se constituent et croissent à la manière des autres parties organisées et vivantes. Les observations de M. Agassiz sur le mode de formation de l'albumen de l'œuf des Tortues fournissent des arguments puissants en faveur de cette dernière manière de voir. En effet, chez ces Reptiles, l'albumen est beaucoup plus consistant que chez la plupart des Animaux, et forme autour du globe vitellin un certain nombre de couches concentriques bien distinctes (a); le tout est renfermé dans la membrane de la coque, et souvent cette tunique est déjà bien constituée avant que l'albumen sous-jacent ait pris tout son développement. C'est donc par imbibition à travers cette membrane que la matière constitutive de l'albumen arrive alors en contact avec celui-ci et se trouve employée par lui pour la production de nouvelles couches du tissu constitutif de cette partie de l'œuf.

La coque de l'œuf des Tortues est formée aussi d'une série de couches superposées dont les premières ne sont guère plus consistantes que les parties adjacentes de l'albumen et se composent, comme celles-ci, de corpuscules granulaires et allongés disposés en rangées parallèles. La direction de ces séries de corpuscules change de couche en couche, de sorte que les stries résultant de leur mode de groupement s'entrecroisent. Dans les couches plus superficielles de la membrane coquillière, ces granules sont plus serrés entre eux et constituent des fibres moniliformes. Chacun d'eux paraît formé d'un nodule central entouré de couches concentriques, à peu près comme dans les grains de fécule. Enfin, le nombre de ces couches et l'épaisseur de la tunique résultant de leur superposition varient suivant les espèces.

La coquille a pour base un tissu analogue; mais dans cette partie de l'œuf, chaque granule devient en quelque sorte un centre d'attraction autour duquel des cristaux de carbonate calcaire viennent se grouper radiairement, de façon à constituer un nodule. Du côté de la périphérie de l'œuf,

(a) Agassiz, *Contributions to the Natural History of the United States*, tome II, planche 9 a, fig. 43, 44.

et parfois même le tube, ainsi constitué, devient une chambre incubatrice : car, chez quelques Reptiles, le développement de l'embryon commence ou s'achève même dans l'intérieur de l'œuf avant que celui-ci ait été expulsé au dehors, et dans ce dernier cas ces Animaux sont ovovivipares. La Vipère doit son nom à cette particularité physiologique (1), qui est commune à beaucoup de Serpents venimeux (2) et se retrouve chez l'Orvet, ainsi que chez quelques espèces de la famille des Lézards (3).

Postérieurement, les deux oviductes se rapprochent pour déboucher dans le cloaque, et la portion de ce vestibule où ils vont s'ouvrir se prolonge souvent au-dessus de l'orifice du

chacun de ces nodules calcigères s'accroît par la formation de nouvelles couches superposées, et il en résulte finalement une petite colonnette ou cylindre vertical dont la section horizontale offre une structure radiaire. Ces nodules sont disposés par rangées parallèles comme l'étaient les granules organiques dont ils dérivent, et, suivant qu'ils sont plus ou moins serrés entre eux, la substance de la coquille est plus ou moins poreuse ou dense. Il existe à cet égard des différences dans les diverses familles de Chéloniens, et il en résulte que, dans chacun de ces groupes zoologiques, la coquille présente des caractères histologiques particuliers. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai aux observations de M. Agassiz (*Nat. Hist. of the United States*, t. II, p. 507 et suiv.).

(1) La disposition générale de l'appareil de la génération des Vipères a été assez bien indiquée par Charas (*a*).

(2) Quelques naturalistes ont pensé que les Serpents venimeux étaient tous vivipares, et les Serpents non venimeux tous ovipares; mais il y a de part et d'autre des exceptions à cette règle: ainsi, dans les groupes des Coronelles, la plupart des espèces sont ovipares, comme chez les Couleuvres, mais la Coronelle lisse est vivipare. Cette dernière particularité se retrouve aussi chez le Boa rativore; enfin les Najas, quoique très-venimeux, sont ovipares (*b*).

(3) Une petite espèce de Lézard qui se trouve en Suisse ainsi que dans diverses autres parties montagneuses de l'Europe, et qui a été décrite sous plusieurs noms (*Lacerta montana*, *L. Schreibersiana*, *Zootocha Jacquini*, *Lacerta vivipara*, etc.), pond des œufs contenant des petits tout formés et près d'éclore (*c*).

(*a*) Charas, *Anatomie de la Vipère* (*Mém. pour servir à l'histoire naturelle des Animaux*, t. III, 2e partie, p. 207, pl. 60 et 61, *Acad. des sciences*, 1732).

(*b*) Schlegel, *Physionomie des Serpents*, t. II, p. 86.

(*c*) J. F. Jacquin, *Lacerta vivipara* (*Nova Acta Helvet.*, t. I, p. 33, pl. 1).

— Cocteau, *Note sur un genre peu connu de Lézards vivipares* (*Zootocha*, Wagler), *et sur une nouvelle espèce de ce genre* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1835, t. IV, p. 310).

rectum, soit qu'il se continue avec la vessie urinaire, soit qu'il se termine en cul-de-sac sans donner naissance à un réservoir de ce genre. Cette dernière disposition est parfois très-remarquable chez les Ophidiens, où la portion supérieure du cloaque se dilate de façon à ressembler à un utérus dans le col duquel viendraient s'ouvrir, d'une part l'intestin, d'autre part les voies urinaires (1).

Il existe aussi à la partie antérieure du cloaque, chez les Chéloniens et les Crocodiliens, un appendice excitateur, nommé clitoris, qui, par sa structure, correspond au pénis du mâle (2).

Enfin, ce vestibule génito-excrémentitiel est souvent lubrifié par des matières onctueuses que des organes glandulaires adjacents y versent : chez les Crocodiliens et les Ophidiens, par exemple (3).

(1) Chez le *Coluber korros*, cette portion utérine du cloaque est extrêmement développée, et se termine antérieurement par deux cornes (*a*).

Une disposition analogue, mais beaucoup moins prononcée, se voit chez la Couleuvre à collier (*b*).

Chez l'Iguane, le fond du cloaque est divisé en deux sacs dans lesquels s'ouvrent les oviductes et les uretères.

(2) Le clitoris des Chéloniens (*c*) et des Crocodiliens (*d*) ressemble tout à fait au pénis, si ce n'est que son volume est moindre (voyez ci-après page 509).

Chez les Sauriens ordinaires et les Ophidiens, il n'existe pas de clitoris, mais on trouve sur les côtés du cloaque une paire de petits sacs glandulaires qui paraissent correspondre à une partie de l'appareil copulateur du mâle (voyez ci-après page 507). Chez les Ophidiens, ces glandules ont la forme d'une capsule ovalaire située de chaque côté sous la queue et communiquant avec le cloaque par plusieurs ouvertures pratiquées dans la lèvre postérieure de l'anus ; elles sont beaucoup plus développées chez la femelle que chez le mâle (*e*).

(3) Les sacs glandulaires dont il a été question dans la note précédente sécrètent une matière onctueuse qui a la consistance de la pommade. Chez les Crocodiliens, deux glandes volumineuses et de forme ovalaire débou-

(*a*) Stannius et Siebold, *Nouveau Manuel d'anatomie comparée*, t. II, p. 271.
(*b*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 91, pl. 10, fig. 4.
(*c*) Exemple, la Tortue : voy. Bojanus, *Anatome Testudinis europææ*, pl. 28, fig. 159.
(*d*) Exemple, le Crocodile à museau de Brochet : voy. Carus et Otto, *Tab. Anat. comp. illustr.*, pars v, pl. 6, fig. 2. — Isid. Geoffroy et Martin Saint-Ange, *Op. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1828, t. XIII, pl. 6, fig. 4). — Hunter, *Illustr. Catal. of the Mus. of the R. College of Surg.*, t. IV, pl. 63, fig. 1 et 2.
(*e*) Schlegel, *Op. cit.*, p. 46.

Appareil mâle.

§ 12. — Les testicules n'offrent rien d'important à noter (1); ils sont toujours situés dans le voisinage des reins, soit au-dessous de ces organes, dans le fond de la cavité abdominale, ainsi que cela se voit chez les Chéloniens (2), soit au devant d'eux, sur les côtés de la colonne vertébrale, comme çela a lieu chez les Sauriens et les Ophidiens. Il y a toujours un épididyme bien caractérisé, et les canaux déférents arrivent près du cloaque sans avoir aucune communication avec les voies urinaires, mais là ils se réunissent parfois aux uretères, et débouchent par une paire d'orifices communs situés sur le côté de ce vestibule, au sommet d'une petite papille (3).

Organes copulateurs.

L'appareil copulateur est une dépendance du cloaque, et consiste en un ou deux appendices érectiles, qui ne sont jamais complétement tubulaires, comme la verge des Mammifères, mais simplement creusés d'une gouttière longitudinale dont la base est en rapport avec la papille au sommet de laquelle débouchent les canaux déférents. Il affecte, dans cette classe, deux formes principales. Tantôt il n'existe qu'un pénis impair et

chent aussi sur les parois latérales du cloaque. Chez les Tortues, ces organes sont représentés par une paire de grosses vessies (a). En général, il y a aussi dans l'épaisseur de la paroi antérieure du cloaque une série de glandules utriculaires.

(1) La forme des testicules varie avec celle du corps : ainsi, chez les Ophidiens, ils sont très-étroits et remarquablement allongés (b).

(2) Par exemple, chez la Tortue d'Europe (c).

(3) Chez les Lézards, cette jonction du canal déférent et de l'uretère a lieu près de l'extrémité inférieure du rein, à peu de distance du rectum, en sorte que le canal génito-urinaire ainsi formé est très-court (d).

Chez la Couleuvre à collier, le canal déférent et l'uretère vont déboucher l'un et l'autre dans une petite ampoule commune qui, à son tour, s'ouvre dans le cloaque, au sommet d'une petite papille érectile (e).

(a) Bojanus, *Anatome Testudinis europææ*, pl. 27, fig. 156, 157.
(b) Par exemple, chez la Couleuvre à collier : voy. Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, pl. 10, fig. 1.
(c) Voyez Bojanus, *Op. cit.*, pl. 27 et 28, fig. 157 et 158.
(d) Voyez Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 67, pl. 9, fig. 2.
(e) Idem, *ibid.*, p. 79.

médian : cet organe est linguiforme et plein ; lorsqu'il devient apte à fonctionner, il se gonfle et s'allonge par l'afflux du sang dans son intérieur, sans que sa forme change notablement. D'autres fois il y a deux verges qui, dans l'état de repos, ont la forme de tubes cutanés terminés en cul-de-sac, et s'ouvrant au dehors par un orifice pratiqué dans la paroi latérale du cloaque, mais qui, dans l'état d'érection, se déroulent à l'extérieur de façon à constituer un appendice saillant dont l'axe est ereux (1). Le premier de ces modes d'organisation se trouve chez les Chéloniens et les Crocodiliens ; le second, chez les Sauriens ordinaires et les Ophidiens.

Chez ces derniers Reptiles, l'anus a toujours la forme d'une fente transversale, et c'est en dedans de chaque angle ou commissure de cette ouverture que se trouve l'entrée du sac exsertile ou appendice copulateur. Dans l'état de repos, celui-ci n'est pas apparent au dehors, et se prolonge en arrière, sous la base de la queue, entre la peau et la colonne vertébrale (2). Il se compose : 1° d'une tunique cutanée, ou prolongement de la peau qui en tapisse la cavité, et qui, lors de l'érection du pénis,

(1) Les anatomistes appellent souvent ces appendices des « verges en fourreau », mais ce nom est assez mal choisi, car le cul-de-sac copulateur, que l'on compare ainsi à une gaîne, ne renferme rien, et c'est en se renversant comme un doigt de gant, par un mouvement d'invagination, qu'il devient exsertile et constitue un pénis imperforé.

(2) C'est par suite de cette disposition que la forme de la portion basilaire de la queue est en général assez différente chez le mâle et la femelle pour pouvoir servir à la distinction des sexes. Chez les Lézards, par exemple, la queue est étroite et arrondie en dessous chez la femelle, tandis que chez le mâle elle y est large, aplatie et sillonnée longitudinalement sur la ligne médiane : c'est le seul caractère extérieur qui puisse faire reconnaître le sexe de ces Animaux.

Il est cependant à noter que chez le fœtus, les verges du mâle sont apparentes au dehors, et que ces appendices ne rentrent dans le cloaque qu'après l'éclosion (*a*).

(*a*) Rathke, *Entwickelungsgeschichte der Natter*, pl. 3, fig. 17, 18, 19. — Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 77.

devient extérieur; 2° d'une tunique fibreuse qui engaîne la précédente quand l'organe est rentré, mais occupe l'intérieur de l'appendice quand celui-ci se renverse au dehors; 3° d'une couche plus ou moins considérable d'un tissu spongieux érectile placé entre ces deux tuniques (1); 4° d'un muscle rétracteur qui se porte du fond du cul-de-sac aux vertèbres caudales adjacentes, et qui occupe l'axe du pénis pendant l'érection. C'est ce dernier muscle qui fait rentrer la verge sous la peau, et c'est la contraction des muscles de l'anus qui en détermine la sortie. La forme du pénis ainsi constitué varie : tantôt il est simple et plus ou moins styliforme, ou conique, ainsi que cela se voit chez les Lézards et les Couleuvres; d'autres fois il est bifurqué à son extrémité, par exemple chez les Iguanes, les Pythons, les Crotales et les Vipères (2). Sa partie terminale est parfois lisse, comme chez les Pythons; d'autres fois, hérissée de papilles ou d'épines épidermiques récurrentes, comme chez les Couleuvres et les Vipères (3), ou même garnie de lames cartilagineuses, comme chez le Tupinambis élégant. Le sillon qui est destiné à conduire au dehors la liqueur séminale en occupe la face antérieure, et lors de l'érection, la base de cette gouttière vient se mettre exactement en rapport avec l'embouchure du

(1) Chez quelques Reptiles, la verge ne présente que très-peu de tissu érectile, et se compose principalement de tissu élastique.

(2) Chez quelques Ophidiens, la bifurcation du pénis est si profonde, qu'au premier abord, il semblerait y avoir quatre de ces appendices copulateurs : par exemple, chez l'*Anguis scytale* (a), le *Crotalus horridus* (b), et la Coronelle grisonne ou *Coluber canus* (c).

Chez les Iguanes, la bifurcation n'est que subterminale (d).

(3) Chez le *Dryinus lineolatus*, ces épines cornées sont de deux sortes, et plusieurs d'entre elles acquièrent de très-grandes dimensions (e).

(a) Voyez Carus et Otto, *Tabul. Anatom. compar. illustr.*, pars v, pl. 6, fig. 4.

(b) J. Muller, *Bau der erectilien männlichen Geschlechtsorgane* (*Mém. de l'Acad. de Berlin* pour 1836, pl. 3, fig. 4).

(c) Schlegel, *Op. cit.*, p. 46.

(d) Exemple, l'*Iguana delicatissima* : voy. Carus et Otto, *Op. cit.*, pl. 6, fig. 5.

(e) Carus et Otto, *Op. cit.*, pl. 6, fig. 3.

canal déférent correspondant. Enfin, on remarque encore chez beaucoup d'Ophidiens, sous chaque verge, un organe sécréteur qui consiste en un cæcum tubulaire, et qui renferme une matière blanche (1).

Chez les Reptiles dont l'anus est longitudinal ou arrondi, savoir, les Crocodiliens et les Chéloniens, l'appareil copulateur, ainsi que je l'ai déjà dit, n'est pas double (2) comme chez les précédents, et consiste en une verge pleine et linguiforme, située sur la ligne médiane, fixée par sa base à la paroi antérieure du cloaque et libre à son extrémité opposée, qui est susceptible de se reployer dans l'intérieur du vestibule commun, de façon à s'appliquer contre l'entrée du rectum et de la vessie urinaire, ou de se recourber en arrière et de faire saillie au dehors. Elle se compose essentiellement de deux cylindres ou cônes de tissu érectile, plus ou moins intimement unis sur le plan médian et revêtus par un prolongement de la peau, ou plutôt de la membrane muqueuse du cloaque, qui, se moulant sur la rainure laissée entre les bords de ces corps caverneux, forme en avant une gouttière longitudinale. La forme de cet appendice varie : souvent il est renflé vers le bout en manière de gland (3), et quelquefois la portion ter-

(1) Ces organes, appelés poches anales, sécrètent un liquide fétide dont l'odeur est alliacée (*a*).

(2) D'après M. Weber, le Crocodile rhombifère ferait exception à cette règle, et aurait deux verges (*b*).

(3) Le pénis des Chéloniens est très-grand, subcylindrique, renflé vers le bout et terminé en pointe (*c*). La gouttière qui en occupe la face dorsale est divisée antérieurement en deux branches par une papille. Une paire de muscles rétracteurs s'insère d'une part au bassin, d'autre part à la face

(*a*) Schlegel, *Physionomie des Serpents*, t. I, p. 46.
— Siebold et Stannius, *Manuel d'anatomie comparée*, t. II, p. 270.

(*b*) M. J. Weber, *Beiträge zur Anatomie und Physiologie*, 1832.

(*c*) Par exemple, chez la Tortue rayée (*Testudo radiata*) : voy. Duvernoy, *Atlas du Règne animal* de Cuvier, REPTILES, pl. 2, fig. 1.
— Chez l'*Emys serrata* : voy. Treviranus, *Ueber die Harnwerkzeuge und die männlichen Zeugungstheile der Schildkröten* (*Zeitschrift für Physiologie*, 1826, t. II, pl. 13, fig. 2 et 3).

minale de sa gouttière dorsale se transforme en un canal complet, par exemple chez le Caïman à lunettes. Il est aussi à noter que dans l'épaisseur de la verge de ces Animaux, ainsi que dans la partie correspondante chez la femelle, on trouve de chaque côté de la gouttière un tube membraneux qui est formé par un prolongement du péritoine et qui communique avec la cavité abdominale; inférieurement, il se termine en cul-de-sac près du gland, ou débouche au dehors par une petite ouverture garnie d'une valvule membraneuse. On ne sait rien sur les usages de ces canaux péritonéaux, que nous rencontrerons aussi chez plusieurs autres Vertébrés, et qui semblent être les représentants des pores abdominaux des Poissons inférieurs (1).

Oiseaux. Différences sexuelles.

§ 13. — Dans la classe des OISEAUX, les différences sexuelles sont d'ordinaire accompagnées de particularités très-

inférieure de cet organe, près du gland, et en se contractant, ils le replacent dans le cloaque, de façon à boucher l'orifice du rectum. Pour plus de détails sur la structure de cette verge, je renverrai aux excellentes figures données par Bojanus et reproduites dans plusieurs ouvrages (*a*).

(1) Ces canaux péritonéaux, dont l'existence fut constatée chez les Chéloniens, d'abord par Plumier (*b*), puis par Cuvier et Duvernoy (*c*), ont été étudiés avec beaucoup de soin, par MM. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire et Martin Saint-Ange, chez ces Reptiles ainsi que chez les Crocodiliens (*d*). L'occlusion de l'extrémité inférieure de ces canaux a été constatée par M. Mayer chez les Tortues (*e*). Mais chez les Crocodiles, on les a vus déboucher au dehors dans le cloaque, près de la racine du pénis chez le mâle, et à la base du clitoris chez la femelle (*f*).

(*a*) Bojanus, *Anatome Testudinis europææ*, pl. 30, fig. 183, 184, 185, 187.
— Rymer Jones, art. REPTILIA (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. IV, p. [illegible], fig. 236-239).
(*b*) Voyez Stannius et Siebold, *Nouveau Manuel d'anatomie comparée*, t. I, p. 270.
(*c*) Cuvier, *Anatomie comparée*, t. VIII, p. 289.
(*d*) Is. Geoffroy Saint-Hilaire et Martin Saint-Ange, *Recherches anatomiques sur deux caneaux qui mettent la cavité du péritoine en communication avec les corps caverneux de la Tortue franche, et sur leurs analogues chez le Crocodile, etc.* (*Ann. des sciences nat.*, 1828, t. XIII, p. 153, pl. 7).
(*e*) Mayer, *Analekten zur vergleichenden Anatomie*, t. I, p. 44.
(*f*) Owen, *Notes on the Anatomy of a Crocodile* (*Proceed. on the Committee of the Zool. Soc.*, 1831, t. I, p. 141).
— Stannius et Siebold, *Manuel d'anatomie comparée*, t. I, p. 270.

remarquables dans l'appareil tégumentaire, et quelquefois diverses parties du corps qui n'ont aucune relation directe avec les organes de la reproduction sont beaucoup plus développées chez le mâle que chez la femelle. Ainsi, les ergots dont le tarse est armé chez plusieurs espèces manquent en général chez la femelle. Il en est de même des barbillons et autres appendices du cou. Comme je l'ai déjà dit, le plumage de celle-ci ressemble toujours davantage au plumage des jeunes individus, et c'est seulement chez le mâle qu'on rencontre ce luxe de coloration et cet énorme développement des plumes de certaines régions qui sont parfois si remarquables. Pour en donner des exemples qui sont généralement connus, il me suffira de citer le Paon et le Faisan doré de la Chine.

Appareil génital des Oiseaux.

§ 14. — Les organes de la génération des Oiseaux ressemblent beaucoup à ceux des Reptiles, si ce n'est que chez le mâle les conduits déférents ne s'unissent jamais aux uretères et débouchent dans les cloaques par des orifices particuliers; que l'appendice copulateur est en général rudimentaire; et que chez la femelle, l'appareil tout entier avorte presque toujours d'un côté, en sorte qu'il n'y a qu'un seul ovaire et un oviducte unique, placés du côté gauche du corps (1). Dans les premiers temps de la vie embryonnaire, ce défaut de symétrie n'existe pas, et l'on trouve de chaque côté un ovaire et un oviducte (2); mais bientôt l'une des moitiés de cet appareil s'atro-

(1) Par exemple, chez la Poule (*a*), le Pigeon (*b*), la Grue couronnée (*c*), le Pélican (*d*), etc.

(2) Rathke a constaté que chez le Poulet, les ovaires naissent sur le bord interne des corps de Wolff, et jusqu'au

(*a*) Fabricius d'Acquapendente, *De formatione ovi et pulli historia*, pl. 1, fig. 1 (*Opera omnia*).
— Spangenberg, *Disquisit. inaug. anat. circa partes genitales femineas Avium*. Gottingæ, 1813, pl. 1, fig. 1; pl. 2, fig. 2–6.
— Lereboullet, *Recherches sur les organes génitaux des Animaux vertébrés*, pl. 11, fig. 110 (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII).

(*b*) Voyez Martin Saint-Ange, *Étude de l'appareil reproducteur*, pl. 8, fig. 3 (*Mém. de l'Acad. des sciences, Sav. étrang.*, t. XIV).

(*c*) Perrault, *Mémoire pour servir à l'histoire naturelle des Animaux*, pl. 29, fig. P.

(*d*) Idem, *loc. cit.*, t. III, pl. 27, fig. z.

phie et disparaît plus ou moins complétement, tandis que l'autre moitié continue à se développer. Cependant il n'est pas rare de trouver chez l'adulte des vestiges, soit de l'ovaire, soit de l'oviducte du côté droit, surtout chez les Rapaces, et chez quelques-uns de ces Oiseaux, les Autours et les Buses principalement, ces parties sont souvent presque aussi développées que du côté gauche (1).

septième jour de l'incubation, ils ne paraissent pas différer des testicules. Vers le neuvième jour, l'ovaire gauche commence à devenir beaucoup plus volumineux que l'ovaire droit, et dès ce moment ce dernier organe cesse de croître, mais il conserve son volume primitif jusqu'après l'éclosion, puis il est résorbé (*a*). Chez les Oiseaux de proie, à l'époque de la naissance, l'ovaire droit est encore presque aussi grand que l'ovaire gauche, et il en est de même pour les oviductes (*b*).

(1) En général, l'ovaire droit est bien développé chez ces Oiseaux (*c*), et on le rencontre assez souvent chez d'autres Rapaces diurnes (*d*); mais, dans la famille des Hiboux, on n'en trouve que rarement des traces. Parfois il existe comme anomalie chez les Perroquets, la Corneille (*e*) et les Pigeons (*f*).

Barkow a constaté la présence d'un oviducte à droite chez la Foulque (*g*), le Pigeon, le *Strix brachyotos*, et le Canard domestique (*h*). M. Stannius a trouvé des vestiges de l'oviducte droit chez le Cygne à bec rouge, l'Oie, le Pingouin, la Cigogne blanche, la Poule d'eau et l'Orfraie; enfin mon fils, M. Alphonse Milne Edwards, a constaté une disposition semblable chez un Kamichi. On cite aussi des exemples de l'existence d'un second oviducte plus ou moins incomplet chez la Poule commune (*i*), et, suivant M. Baer, cet organe y serait représenté toujours par une vésicule hydatiforme (*j*).

(*a*) Rathke, *Ueber die Entwickelung der Geschlechtstheile bei den Vögeln* (*Beitr. zur Geschichte der Thierwelt*, t. III, p. 48).

(*b*) J. Müller, *Bildungsgesch. der Genitalien aus anatomischen Untersuch. an Embryonen des Menschen und der Thiere*. Dusseldorf, 1840. — *Recherches anatomiques et physiologiques sur l'histoire du développement des parties génitales chez l'Homme et les Animaux* (*Journal complémentaire des sciences médicales*, 1831, t. XL, p. 401).

(*c*) Exemple, la Buse : voy. Carus et Otto, *Tabul. Anat. compar. illustr.*, pars v, pl. 7, fig. 1.

(*d*) Emmert, *Beobacht. über einige anatom. Eigenheiten der Vögel* (Reil's *Archiv für die Physiologie*, 1811, t. X, p. 383).

(*e*) Wagner, *Beitr. zur Anat. der Vögel* (*Mém. de l'Acad. de Munich*, 1837, t. II, p. 278).

(*f*) Siebold et Stannius, *Nouveau Manuel d'anatomie comparée*, t. II, p. 366.

(*g*) Barkow, *Anat. physiol. Untersuch. vorzüglich über das Schlagadersystem der Vögel* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1829, p. 351, pl. 9, fig. 14-16).

(*h*) Idem, *loc. cit.*, p. 448.

(*i*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Sur la terminaison du canal intestinal chez les Oiseaux* (*Bulletin de la Soc. philom.*, 1822, p. 71).

— Lereboullet, *Op. cit.*, p. 102.

(*j*) Baer, *Entwickelungsgeschichte der Thiere*, t. II, p. 151.

§ 15. — Les testicules sont toujours au nombre de deux, mais en général ils se développent inégalement, et celui du côté gauche est plus gros que celui de droite. Ils sont accolés à la paroi dorsale de la cavité abdominale, entre les poumons et les reins. Leur volume varie extrêmement suivant les saisons (1) aussi bien que suivant les espèces, et devient quelquefois très-considérable : chez le Coq et le Canard, par exemple. Leur structure ne présente aucune particularité importante, si ce n'est la ténuité extrême des tubes spermagènes. Leur membrane albuginée, ou tunique propre, est mince, et donne naissance à des brides qui s'enfoncent dans leur profondeur. Les troncs principaux formés par la réunion des conduits spermatiques se détachent du bord interne du testicule, et constituent aussitôt un épididyme qui y est intimement uni et en général peu distinct (2). D'ordinaire, le canal déférent est flexueux dans toute son étendue, et, après avoir longé le rein, il se rend au cloaque en se rapprochant de son congénère, mais sans s'y réunir. Souvent il présente vers son extrémité inférieure une dilatation ampulliforme qui fait office de vésicule séminale (3). Il débouche directement dans le cloaque (4). Organes mâles.

Ainsi que nous l'avons déjà vu, cette portion terminale et

(1) Ainsi, chez le Moineau, les testicules n'ont guère plus d'un millimètre de diamètre au mois de janvier, tandis que, vers le milieu d'avril, ils sont presque aussi gros que des œufs de Pigeon, comme on le voit dans les figures que Hunter en a données (*a*).

(2) Par exemple, chez le Coq (*b*), et chez l'Autruche, l'épididyme est séparé du testicule et se prolonge beaucoup en avant (*c*).

(3) Comme exemple des Oiseaux chez lesquels cette vésicule est bien développée, je citerai le Pigeon domestique (*d*).

(4) Voyez tome VII, page 347.

(*a*) Hunter, *Animal Œconomy*, pl. 7.
— Owen, art. Aves (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. I, p. 354, fig. 183).

(*b*) Voyez Tannenberg, *Dissert. inaug. circa partes genitales mascul. Avium*, 1789, pl. 1.
— Prévost et Dumas, *Sur la génération* (*Ann. des sciences naturelles*, 1824, t. I, pl. 19, fig. 1).

(*c*) Voyez Carus et Otto, *Tabul. Anatom. compar. illustr.*, pars v, pl. 7, fig. 5.

(*d*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, pl. 8, fig. 1.

commune des voies digestives et urinaires est séparée du rectum par un orifice qui est entouré d'un sphincter puissant, et, au moment de la défécation, elle se renverse en dehors, de façon à amener cet orifice intestinal à l'extérieur (1). Il en résulte que les fèces ne s'accumulent jamais dans le cloaque, et que celui-ci fait fonction d'un canal génito-urinaire plutôt que d'une annexe de l'intestin. En général, des replis plus ou moins prononcés de sa tunique muqueuse le divisent en trois portions, et c'est dans le compartiment moyen que se trouvent de chaque côté les orifices spermatiques; ils occupent chacun le sommet d'une papille (2), et dans l'espace qui les sépare du côté dorsal, on voit les deux embouchures de l'appareil urinaire (3). Dans le compartiment suivant, se trouve l'entrée de la bourse de Fabricius dont j'ai déjà eu l'occasion de parler (4). Quelques anatomistes ont considéré cette poche comme un réservoir séminal; mais le sperme ne s'y accumule pas, et elle semble être plutôt l'analogue de l'appareil sécréteur appelé prostate, que nous aurons bientôt à étudier chez les Mammifères (5). Enfin, le cloaque est

(1) Voyez tome VI, page 365.

(2) Les papilles à l'extrémité desquelles les canaux déférents viennent déboucher dans le cloaque sont formées par un tissu fongueux élastique et très-vasculaire, qui est probablement susceptible d'érection (*a*).

(3) Chez l'Autruche, la constriction moyenne qui sépare la portion pénultième du cloaque de la portion terminale est très-prononcée, et c'est le premier de ces deux compartiments qui fait office de réservoir urinaire (*b*).

(4) Voyez tome VII, page 347.

(5) Fabrice d'Acquapendente, à qui l'on doit la découverte de cette bourse, la considérait comme un réservoir séminal (*c*), tandis que d'autres naturalistes la regardèrent comme une vessie urinaire (*d*). Perrault et quelques auteurs modernes (*e*) y voient l'analogue des glandes anales des Mammifères,

(*a*) Lereboullet, *Op. cit.*, p. 120.

(*b*) Perrault, *Mém. pour servir à l'histoire naturelle des Animaux*, 2e partie, p. 134, pl. 55 (*Mém. de l'Acad.*, t. III, 1832).

(*c*) Fabricius d'Acquapendente, *De formatione ovi hist.* (*Opera omnia*, p. 3).

(*d*) Geoffroy Saint-Hilaire, *Considérations générales sur les organes sexuels des animaux à grandes respiration et circulation* (*Mém. du Muséum*, 1823, t. IX, p. 394).

(*e*) Berthold, *Ueber die Fabricischen Beutel der Vögel* (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XIV, p. 903).

garni de divers muscles qui entrent en jeu au moment de la copulation (1), et c'est dans l'intérieur de ce vestibule que se trouve l'organe excitateur qui parfois prend un développement considérable et devient un appendice copulateur.

Spermatozoïdes.

Nous avons vu dans une précédente leçon que les Spermatozoïdes des Oiseaux ont une tête allongée, presque cylindrique et souvent ondulée (2). Ces corpuscules fécondants se développent dans l'intérieur de petites utricules libres qui naissent dans les tubes spermagènes des testicules (3). Tantôt ils sont accumulés d'une manière confuse dans l'intérieur de ces vésicules (4), d'autres fois ils y sont disposés parallèlement en

et Geoffroy Saint-Hilaire l'assimile aux glandes de Cowper (*a*) ; enfin, M. Martin Saint-Ange la compare à la prostate (*b*). Quoi qu'il en soit de ces rapprochements, il est à noter que la bourse de Fabricius loge dans l'épaisseur de ses parois un grand nombre de follicules sécréteurs. Chez l'embryon, cet organe est plus développé, proportionnellement aux autres parties, qu'il ne le sera plus tard, et souvent il est oblitéré et atrophié chez des individus d'un âge avancé.

(1) Le cloaque est suspendu au bassin par un ligament aponévrotique qui s'insère à la partie moyenne et inférieure de la queue. Les faisceaux musculaires qui l'entourent sont nombreux et leur disposition est assez complexe. Ainsi une bande charnue transversale occupe l'épaisseur du bourrelet médian indiqué ci-dessus, et constitue un sphincter vestibulaire ; un autre sphincter entoure l'entrée du cloaque, et se compose de deux portions bien distinctes, dont l'une, après avoir embrassé la paroi postérieure de ce vestibule, va s'insérer en avant au ligament pubien ; deux autres muscles, disposés longitudinalement, sont les releveurs de la lèvre antérieure de l'anus ; enfin, il existe aussi des faisceaux charnus qui se détachent de la partie moyenne des fléchisseurs de la queue, et qui s'insèrent sur les côtés du cloaque de façon à dilater cet organe au moment de leur contraction. Pour plus de détails au sujet de la disposition de ces muscles, je renverrai à la description qui en a été donnée chez le Canard par Spangenberg, chez l'Autruche par J. Müller, et chez la Poule par M. Lereboullet (*c*).

(2) Voyez ci-dessus, page 342.

(3) Voyez ci-dessus, page 250.

(4) Par exemple, chez le Coq.

(*a*) Tiedemann, *Anatomie der Vögel*, 1810.

(*b*) Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 57 et suiv.

(*c*) Spangenberg, *Disquisit. inaug. circa partes genitales femineas Avium*. Gottingæ, 1813, pl. 2, fig. 1 et 2.

— J. Müller, *Ueber zwei verschiedene Typen in dem Bau der erectilen männlichen Geschlechtsorgane bei den straussartigen Vögeln* (*Mém. de l'Acad. de Berlin* pour 1836, p. 146, pl. 1, fig. 1).

— Lereboullet, *Op. cit.*, p. 12, pl. 15, fig. 155, 156.

faisceau (1). Chez quelques Oiseaux, tels que les Coqs et les Pigeons, que nous élevons en domesticité, il en existe dans tous les temps; mais chez la plupart des Animaux de cette classe, les testicules ne contiennent pas de liquide spermatique pendant la plus grande partie de l'année et ne s'en emplissent qu'à l'époque du rut (2).

Copulation. § 16. — Chez les Oiseaux, la fécondation est toujours intérieure. Le mâle monte sur le dos de la femelle, la saisit par le cou ou la tête au moyen de son bec, et, renversant son cloaque en dessous, l'applique contre le vestibule génito-urinaire de celle-ci, qui dilate et relève son anus pour le recevoir. Chez la plupart de ces Animaux, il n'existe pas d'organe copulateur susceptible de s'introduire dans le corps de la femelle pour y déposer le sperme; le pénis manque ou n'est représenté que par un tubercule plus ou moins rudimentaire qui ne peut servir que comme organe excitateur, et le coït ne consiste que dans la juxtaposition des parties terminales des appareils sexuels et dans l'éjaculation de la semence du mâle dans l'oviducte de la femelle (3). Mais quelques Oiseaux sont pourvus d'une verge, et cet organe, toujours impair et médian, présente tantôt l'un, tantôt l'autre des modes de conformation que nous avons déjà vus chez les Reptiles, ou bien il participe des

(1) Par exemple, chez le Pinson et les Becs-fins.

(2) Quelques-uns de nos Oiseaux domestiques sont aussi dans ce cas: les Canards, par exemple. En automne, leurs testicules sont secs, et leurs canaux déférents sont complétement vides (*a*).

(3) Ainsi, chez le Coq, le pénis n'est représenté que par un petit tubercule conique situé entre les deux papilles au sommet desquelles débouchent les canaux déférents. Ces papilles sont formées par du tissu érectile, et elles deviennent turgides au moment du coït (*b*).

(*a*) Prévost et Dumas, *Observ. relatives à l'appareil générateur des animaux mâles* (*Ann. des sciences nat.*, 1824, t. I, p. 278).

(*b*) Barkow, *Anat. physiol. Untersuch. verzüglich über das Schlagadersystem der Vögel* (Müller's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1829, p. 305).
— Lereboullet, *Op. cit.*, pl. 7, fig. 75 (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII).

deux (1). En effet, chez les uns, cet appendice est linguiforme, comme la verge des Chéloniens et des Crocodiliens : chez l'Autruche d'Afrique et l'Outarde, par exemple (2). Chez d'autres, notamment chez les Canards (3), les Oies et divers Échassiers, il existe une verge en fourreau à peu près comme celle des Sauriens proprement dits et des Ophidiens. Enfin, chez quelques espèces, telles que le Nandou, ou Autruche d'Amé-

(1) On doit à J. Müller une étude très-approfondie des organes copulateurs des Oiseaux (*a*), sujet qui, du reste, avait été déjà abordé par Hunter, Cuvier, Meyer, Tannenberg et quelques autres anatomistes (*b*).

(2) Le pénis de l'Autruche d'Afrique est un gros appendice conique qui est fixé par sa base à la partie inférieure du cloaque et est creusé d'un sillon médian dans toute l'étendue de sa face dorsale (*c*). Il se compose : 1° de deux corps caverneux coniques, de structure fibreuse, très-élastiques et placés parallèlement l'un à côté de l'autre; 2° d'un corps spongieux fibro-vasculaire, qui occupe le milieu de la face inférieure et se prolonge jusqu'à sa pointe; 3° d'une couche de tissu érectile sous-cutané, qui tapisse son sillon dorsal et en garnit les bords. La base de cette gouttière correspond aux embouchures des conduits déférents, et reçoit le sperme au moment de l'éjaculation de ce liquide. Dans l'état de repos, le pénis, tordu et recourbé en avant, se loge dans le cloaque, de façon à boucher complétement en dessous la portion de ce vestibule où l'urine s'accumule. Il en résulte que, pour permettre l'évacuation de ce liquide, ainsi que la sortie des fèces, cet appendice doit se renverser au dehors, mouvement qui est déterminé par la contraction du sphincter de l'anus et des autres muscles adjacents (*d*).

Chez le Tinamou (*Crypturus*), la conformation du pénis est à peu près la même que chez l'Autruche (*e*).

(3) Le pénis du Canard se compose d'un cylindre creux disposé en anse, tordu sur lui-même, et susceptible de se dérouler en partie au dehors comme un doigt de gant, de façon que sa portion terminale, en se renversant, devient une sorte de gaîne dans l'intérieur de laquelle est renfermée la portion suivante de cet organe appendiculaire, qui est plus solide. Dans l'état de repos, il se loge dans une poche particulière située sous le rectum, et sa cavité s'ouvre dans le cloaque. Dans l'érection, sa portion exser-

(*a*) J. Müller, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. de Berlin* pour 1836, p. 137).
(*b*) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édit., t. VIII, p. 208.
(*c*) Perrault, *Mém. pour servir à l'histoire naturelle des Animaux*, t. III, p. 134. — Carus et Otto, *Tabul. Anatom. compar. illustr.*, pars V, pl. 7, fig. 3.
(*d*) Voyez Müller, *Op. cit.* (*Mém. de l'Acad. de Berlin* pour 1836, p. 141, pl. 1, fig. 1).
(*e*) Muller, *loc. cit.*, pl. 1, fig. 6.

rique, et le Casoar à casque, la verge est conforme d'après un troisième type qui participe des deux précédents (1).

Ovaires. § 17. — L'ovaire des Oiseaux est exogène, comme celui des Chéloniens, des Crocodiliens et des Plagiostomes. Il est d'abord mince et lamelleux; mais, par suite du développement des œufs à sa surface, il devient bosselé, puis il prend la forme d'une grappe dont les grains seraient très-inégaux en grosseur. Il est suspendu dans un repli du péritoine à la paroi dorsale de l'abdomen, contre la portion antérieure du rein correspondant, et il se compose d'une couche peu épaisse de stroma fibrillaire ou tissu ovigène, et d'une tunique membraneuse particulière sous laquelle se ramifient beaucoup de vaisseaux sanguins. Les ovules s'y montrent de très-bonne heure et sont d'abord libres dans les interstices du stroma, mais bientôt le tissu ovarien adjacent se modifie de façon à constituer autour de chacun de ces corps reproducteurs une loge fermée ou capsule, dont les parois sont membraneuses et tapissées intérieurement d'une couche de cellules épithéliques.

tile se contourne en tire-bouchon et présente une gouttière longitudinale (a). Chez un autre Palmipède de la même famille, le *Cereopsis cinerea*, cet organe copulateur est remplacé par des mamelons disposés comme chez les Oiseaux ordinaires (b).

(1) Chez le Casoar à casque, il existe à la face inférieure du cloaque un pénis dont la portion basilaire est composée de deux corps caverneux de structure fibreuse, qui laissent entre eux une gouttière médio-dorsale. Au sommet de cette partie basilaire de la verge, se trouve une portion tubuleuse qui est susceptible de se dérouler au dehors ou de rentrer à l'intérieur, à peu près comme le pénis du Canard. De même que celui-ci, il présente un sillon longitudinal qui se continue avec celui de la portion basilaire, et il est garni de plusieurs muscles.

La structure du pénis est à peu près la même chez le Nandou (c).

(a) Tannenberg, *Observ. circa partes genitales Avium*, p. 30, pl. 2, fig. 3.
— Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, t. VIII, p. 273.
— Home, *Lect. on compar. Anat.*, t. IV, pl. 134, fig. 2.
— Owen, art. AVES (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. I, p. 355, fig. 184).
— Carus et Otto, *Tabul. Anat. compar. illustr.*, pars V, pl. 7, fig. 2.
(b) Dareste, *Note sur la disposition des organes génitaux mâles chez le Céréopse* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1862, t. XVII, p. 328).
(c) J. Müller, *Op. cit.*, pl. 2 et 3 (*Mém. de l'Acad. de Berlin* pour 1836).

Formation de l'ovule.

Lorsque ces ovules sont encore très-petits, ils sont comme empâtés dans la substance de l'ovaire, et ne déforment pas cet organe; mais en grandissant, ils en soulèvent la surface et la rendent bosselée; puis, distendant de plus en plus ces bosses, les transforment en autant de bourses dont la base se rétrécit à mesure que leur volume augmente. Ces bourses ovigères, appelées calices, deviennent ainsi pédonculées, et donnent à l'ovaire l'aspect racémeux dont je viens de parler. Chacune d'elles loge un œuf qu'elle embrasse étroitement, et leurs parois, quoique très-minces, se composent, comme nous venons de le voir, de trois parties, savoir : 1° d'une tunique externe qui est formée par une portion distendue des enveloppes de l'ovaire, et qui constitue le pédoncule du calice; 2° d'une tunique interne formée par la capsule ovigère; 3° d'une couche de tissu conjonctif lâche, unissant entre elles les membranes précédentes, et provenant de la partie du stroma qui entourait directement la capsule et qui a accompagné cette vésicule dans son émigration vers l'extérieur de l'ovaire. De nombreux vaisseaux sanguins se ramifient dans l'épaisseur des parois du calice ainsi constitué, et se distribuent d'abord assez uniformément dans toutes ses parties; mais lorsque l'œuf ovarien est arrivé à maturité, ces vaisseaux se rétrécissent et s'atrophient presque sur l'équateur de l'espèce de globe représenté par ce corps. Il en résulte une bande blanchâtre qui entoure le calice et qui a reçu le nom de *stigma*. Enfin, la bourse ovigère se déchire le long de la ligne ainsi tracée, et laisse échapper l'œuf contenu dans son intérieur; puis le calice, devenu vide et pendant, se flétrit et disparaît.

Lorsque l'ovule ovarien est encore très-jeune (1), la vésicule

(1) Depuis quelques années, le mode de développement de l'ovule des Oiseaux a été l'objet de beaucoup de recherches, et les embryologistes sont partagés d'opinion sur plusieurs points importants de l'histoire de ce phéno-

germinative en occupe le centre et s'y trouve entourée d'un amas de granules empâtés dans une substance glutineuse; mais, à une période un peu plus avancée du travail ovogénique, cette cellule primitive vient se placer à la surface du globe vitellin ainsi constitué, et les corpuscules blastémiques dont elle est entourée, l'accompagnant, forment dans ce point une tache opaque et blanchâtre, appelée *couche proligère*, qui se dessine de plus en plus nettement à mesure que la substance vitelline sous-jacente se colore davantage en jaune. Cette substance paraît se développer par couches successives et concentriques autour de l'espace central, ou *latebra*, occupé primitivement par la vésicule germinative, et d'un prolongement qui s'étend de cet espace à la couche proligère, où il s'élargit en forme d'entonnoir (1). Elle se compose de grosses vésicules jaunes, les unes sphériques, les autres plus ou moins polyédriques, rem-

mène. Lorsque je traiterai de la formation de l'ovule des Mammifères, je reviendrai sur ce sujet, et j'indiquerai les relations qui existent entre les diverses parties constitutives tant de l'ovule que de la capsule ovarienne dans ces deux classes d'Animaux. Ici je me bornerai à renvoyer le lecteur, pour plus de détails, aux principaux travaux originaux relatifs à ces questions délicates (*a*).

(1) Ce mode de conformation se retrouve dans l'œuf arrivé à maturité, et pour le mettre en évidence, il est utile de faire durcir par la cuisson un œuf de Poule nouvellement pondu, de le dépouiller de sa coquille, et de le couper verticalement en deux moitiés à l'aide d'un instrument bien tranchant. Des différences de teinte dans la substance du vitellus rendent alors visibles les couches concentriques in-

(*a*) H. Meckel, *Die Bildung der für partielle Furchung bestimmten Eier der Vögel* (*Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie*, 1852, t. III, p. 420).
— Allen Thompson, art. Ovum (Todd's *Cyclopædia of Anatomy and Physiology*, Suppl., t. V, p. 77).
— Leuckart, *Zeugung* (Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie*, t. IV, p. 788, etc.).
— Sumter, *Nonnulla de evolutione ovi Avium, donec in oviductum ingrediatur*. Halle, 1853.
— Hoyer, *Ueber die Eifolliker der Vögel, namentlich der Tauben und Hühner* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1837, p. 52).
— Klebs, *Die Eierstockseier der Wirbelthiere* (*Archiv für pathol. Anat.*, 1861, t. XXI, p. 362).
— G. Gegenbauer, *Ueber den Bau und die Entwickelung der Wirbelthiere mit partieller Dotter-theilung* (*Archiv für Anat. und Physiol.*, 1861, p. 491).
— Kölliker, *Entwickelungsgeschichte*, 1861, p. 24.

plies d'un liquide albumineux chargé de granules et offrant souvent un noyau bien distinct. La substance qui occupe le *latebra* est moins dense, moins colorée et plus riche en matières grasses que la substance vitelline circonvoisine. La proportion d'huile est plus grande aussi dans le voisinage de la tache proligère que dans la portion opposée du globe vitellin, et il en résulte une différence dans la pesanteur spécifique de ces parties, à raison de laquelle l'ovule, en flottant librement dans un liquide, se dispose toujours de façon que cette tache en occupe la partie supérieure.

A mesure que l'ovule ovarique se développe, son volume augmente, sa couleur prend plus d'intensité, et son enveloppe propre ou tunique vitelline devient de plus en plus distincte (1). La tache proligère s'accroît aussi, et constitue la *cicatricule* dont il a déjà été question dans une leçon précédente (2); mais la

diquées ci-dessus, et l'on remarque dans le centre de la sphère vitelline un espace plus clair qui occupe environ le quart du diamètre de ce globe; un prolongement de même teinte s'étend de cette partie centrale jusqu'à la tache proligère (ou cicatricule), et, après s'être d'abord un peu rétréci, s'élargit en forme d'entonnoir au-dessous de cette tache.

(1) Cette membrane ne paraît pas exister dans les premiers temps du développement de l'ovule, mais les observations de M. H. Meckel tendent à établir que chez l'œuf très-jeune, le globe vitellin s'entoure d'une tunique temporaire qui disparaîtrait ensuite, et qui serait comparable à l'enveloppe appelée *zona pellucida* chez les Mammifères (*a*). Les recherches de M. Allen Thompson viennent à l'appui de cette opinion (*b*), mais elle a été combattue par M. Leuckart, ainsi que par la plupart des embryologistes qui ont fait plus récemment des études spéciales sur ce sujet. Suivant MM. H. Meckel et Allen Thompson, toute la partie périphérique de la sphère vitelline proviendrait de la capsule ovarienne et serait déposée à la surface de l'ovule primitif, qui, plus tard, se revêtirait d'une tunique propre; tandis que, suivant la plupart des observateurs, toutes les parties existantes dans cette sphère s'y forment dans son intérieur par le développement ou la multiplication de cellules ou de corpuscules organisés. Pour plus de détails à ce sujet, je renverrai au mémoire de M. Gegenbauer, cité ci-dessus (*Arch. für Anat. und Physiol.*, 1861).

(2) Voyez ci-dessus, page 402.

(*a*) H. Meckel, *Op. cit.* (*Zeitschr. für wissensch. Zool.*, 1859, t. III).

(*b*) Allen Thompson, *Op. cit.* (*Todd's Cyclop.*, t. V, p. 79).

vésicule germinative qui occupe le centre de ce disque blanchâtre s'aplatit, et disparaît même complétement, lorsque le globe vitellin, arrivé à maturité, est près de sortir de sa capsule, ou peu de temps après sa mise en liberté. Il est aussi à noter que ce phénomène n'a aucun rapport avec la fécondation, car il se produit dans l'œuf stérile de la Poule qui n'a pas reçu les approches du mâle aussi bien que dans l'œuf fécondé.

Descente de l'ovule dans l'oviducte.

§ 18. — L'ovule évacué dans cet état par l'ovaire est reçu dans l'oviducte ; mais ce canal ne sert pas seulement à le conduire au dehors : de même que chez les Reptiles, les Batraciens et les Poissons plagiostomes, il a aussi pour fonctions de compléter ce corps reproducteur en ajoutant à la sphère vitelline un supplément de matières nutritives et des enveloppes. C'est donc un organe sécréteur aussi bien qu'un organe évacuateur. Il ne diffère que peu de celui de quelques Reptiles et de divers Plagiostomes, où nous en avons déjà décrit la conformation ; mais il me paraît utile de l'étudier ici plus attentivement que nous ne l'avons fait chez ces Animaux, et d'entrer dans quelques détails relatifs à son histoire physiologique aussi bien qu'à son anatomie.

Structure de l'oviducte.

Ainsi que je l'ai déjà dit, l'oviducte des Oiseaux est presque toujours impair et situé du côté gauche. Il s'étend depuis le voisinage du poumon jusqu'au cloaque, et il se compose d'un tube membrano-musculaire suspendu dans un repli du péritoine appelé *mesometrium*, qui est assez semblable à un mésentère, mais qui renferme des fibres musculaires lisses. Sa tunique interne consiste en une membrane muqueuse, et entre celle-ci et le revêtement péritonéal se trouve une tunique charnue dont la plupart des fibres sont transversales et en continuité avec celles du *mesometrium*. Chez quelques Oiseaux, le tube ainsi constitué est uniformément cylindrique dans toute son étendue, et ne présente, dans les diverses parties de sa

longueur, que peu de différences organiques (1); mais en général il en est tout autrement, et l'on y distingue quatre portions caractérisées par des particularités de structure aussi bien que par des fonctions spéciales, savoir : un pavillon, ou récepteur; une trompe, ou transmetteur; une première chambre complémentaire, ou conduit albuminipare, et un réceptacle, ou chambre coquillière.

La Poule est une espèce très-propre à l'étude de ces diverses parties de l'oviducte. Chez cet Animal, le pavillon est un large entonnoir à parois minces, dont les bords sont d'ordinaire rapprochés de façon à simuler une grande scissure à deux lèvres plissées, mais pouvant s'écarter et devenir presque circulaires. Une bride péritonéale, contenant un cordon de fibres élastiques, s'étend de la commissure supérieure de cet infundibulum à la partie adjacente des parois abdominales, et le maintient suspendu sous le bord du poumon (2). Une autre bride analogue s'attache à la commissure opposée, et la fixe à la partie inférieure de l'oviducte, de façon à la tendre; mais, par suite de la contraction lente des fibres musculaires dont il a été déjà question, l'espèce de boutonnière ainsi formée peut se dilater et aller s'appliquer sur l'ovaire, de façon à embrasser étroitement la capsule ovigère près d'éclater, et recueillir l'œuf qui s'en échappe. La surface interne de cet entonnoir est garnie de cils vibratiles, et son fond présente un orifice circulaire qui conduit dans la portion suivante de l'oviducte.

La trompe qui fait suite au pavillon est un tube étroit, presque droit et peu mobile, que l'œuf doit traverser rapidement. Ses parois sont minces et sa tunique muqueuse n'est que

(1) Chez le Pigeon, par exemple (a).

(2) La structure de ce ligament suspenseur du pavillon a été très-bien représentée par M. Lereboullet (b).

(a) Voyez Martin Saint-Ange, *Op. cit.*, p. 54, pl. 8, fig. 3.

(b) Lereboullet, *Rech. sur les organes génitaux des Animaux vertébrés*, pl. 12, fig. 146 (*Nova Acta Acad. nat. curios.*, t. XXIII).

faiblement plissée. Elle se continue inférieurement avec la première chambre complémentaire ou tube albuminigène, qui s'en distingue par son diamètre considérable, ses circonvolutions nombreuses, l'épaisseur de ses parois, les gros plis longitudinaux et obliques formés par sa tunique muqueuse, et les nombreuses glandules vésiculaires réunies par paquets que cette tunique renferme. Ces plis sont subdivisés en lobes qui se multiplient et se rapetissent vers la partie postérieure de l'organe, et ils disparaissent presque dans une portion rétrécie, appelée l'isthme, qui la termine et la sépare du réceptacle, ou chambre coquillière.

Cette dernière portion de l'oviducte, que quelques anatomistes appellent la chambre incubatrice ou l'utérus, est un élargissement ovoïde dont les parois sont garnies de fibres musculaires longitudinales aussi bien que transversales, et qui se plissent dans tous les sens quand elles ne sont pas distendues par la présence d'un œuf. La tunique muqueuse y est hérissée de longues papilles lamelleuses, arrondies au bout et logeant dans leur épaisseur des glandules particulières. Enfin, cette chambre terminale s'ouvre dans le cloaque par un col tubulaire et étroit, dont l'orifice fait saillie à la partie latéro-supérieure du vestibule génito-urinaire, en dehors de l'embouchure de l'uretère gauche (1).

Formation des parties complémentaires de l'œuf.

§ 19. — L'œuf ovarien, c'est-à-dire le globe vitellin, recueilli par le pavillon, traverse très-rapidement la trompe et ne séjourne que quelques heures dans la première chambre complémentaire (2); mais en passant dans cette portion de l'oviducte, il

(1) Quelquefois l'oviducte est fermé dans ce point. M. Stannius a observé cette disposition chez des Canards, des Pingouins, un Héron et quelques autres Oiseaux (a).

(2) Voyez à ce sujet les observations

(a) Stannius et Siebold, *Nouveau Manuel d'anatomie comparée*, t. II, p. 367.

se recouvre d'un albumen et se revêt ensuite de la tunique membraneuse qui constitue l'enveloppe propre de cette substance. La matière protéique et organisable sécrétée par les glandules de la tunique muqueuse de ce tube se dépose par couches successives sur l'œuf pendant que celui-ci séjourne dans la portion plissée de ce tube, et ce dépôt, s'effectuant de prime abord dans une étendue assez considérable en amont et en aval du point occupé par ce corps étranger, aussi bien que dans ce point même, forme aux deux pôles du globe vitellin un appendice cylindrique en continuité avec les premières couches du blanc appliquées directement sur ce corps. La portion profonde de l'albumen ainsi produite est plus dense que les couches formées ultérieurement et en reste distincte. On appelle *membrane chalazifère* la couche appliquée sur le globe vitellin (1), et l'on a donné le nom de *chalazes* aux deux prolongements polaires qui en partent. Par l'effet d'un mouvement de rotation de l'œuf ou de quelque chose d'analogue, ces appendices se tordent fortement, et se recourbent sur eux-mêmes de façon à présenter un aspect fort singulier. Les premiers ovologistes en ont été très-préoccupés et y ont attaché un rôle important dans le travail embryologique, mais ils ne paraissent servir qu'à maintenir le globe vitellin dans une position déterminée par rapport au grand axe de l'œuf. L'albumen,

Albumen

de Dutrochet, de M. Purkinje, et plus particulièrement celles faites il y a quinze ans par M. Coste (*a*).

(1) Les chalazes sont les premières parties de l'albumen qui se forment, mais leur disposition spirale (*b*) ne devient distincte que plus tard, lorsque l'œuf a déjà sa coquille.

(*a*) Dutrochet, *Recherches sur les enveloppes du fœtus* (*Mém. de la Soc. méd. d'émulation*, t. VIII, et *Mém. pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des Végétaux et des Animaux*, 1837, t. II, p. 206).

— Purkinje, *Symbolæ ad ovi Avium historiam*, 1830.

— Coste, *Histoire du développement des corps organisés*, 1849, t. I, p. 288 et suiv.

(*b*) Baer, *Ueber Entwickel.*, p. 31.

— Wagner, *Icones physiologicæ*, pl. 2, fig. 11.

— Allen Thompson, article Ovum (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. V, p. 64, fig. 46, A, B, C.

en s'accumulant sur ce premier dépôt, prend une forme plus globuleuse, et à mesure que l'œuf descend dans l'oviducte, poussé par les contractions péristaltiques de ce conduit, son extrémité postérieure s'élargit plus que son extrémité opposée; sa substance affecte aussi une disposition spirale déterminée, suivant toute probabilité, par le mouvement de rotation que les plis obliques de l'oviducte font exécuter à l'œuf pendant son passage dans ce tube. Tous ces phénomènes peuvent s'accomplir dans l'espace d'environ trois heures. L'œuf s'arrête dans l'isthme de l'oviducte pendant un laps de temps à peu près semblable, et là la couche superficielle de l'albumen se consolide et s'organise de façon à former la tunique dont j'ai déjà eu l'occasion de parler sous le nom de membrane de la coquille. Cette enveloppe se compose d'un feutrage, et forme deux feuillets unis l'un à l'autre, mais faciles à séparer (1).

La production de l'albumen et de la membrane coquillière n'est pas subordonnée d'une manière absolue à la présence d'un globe vitellin dans l'intérieur de l'oviducte : ainsi, on rencontre parfois des œufs de Poule qui ne renferment pas de jaune (2). On connaît beaucoup d'exemples de deux vitellus renfermés dans un même albumen, et il n'est pas très-rare de voir deux vitellus pourvus chacun de leur blanc, mais

(1) Pour plus de détails sur cette tunique, je renverrai aux observations de M. Carpenter et de M. Allen Thompson (*a*).

(2) Cette anomalie paraît dépendre parfois de l'existence d'un obstacle mécanique qui empêche l'entrée de l'ovule ovarique dans la portion albuminigène de l'oviducte (*b*). Dans les campagnes, on appelle souvent ces œufs imparfaits des œufs de Coq, et l'on s'imagine qu'il en naît un Serpent, fable qu'il serait inutile de réfuter.

(*a*) Carpenter, *On the Structure of the animal Basis of the common Egg-shell and of the Membrane surrounding the Albumen* (*Trans. of the microsc. Soc.*, 1844, t. I, p. 109).
— Allen Thompson, article OVUM (Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, t. V, p. 65, fig. 46, D).

(*b*) Lapeyronie, *Mém. sur les petits œufs de Poule sans jaune que l'on appelle vulgairement œufs de Coq* (*Hist. de l'Acad. des sciences*, 1710, p. 553).

renfermés dans une même membrane coquillière, faits qui prouvent l'indépendance primordiale de toutes ces parties accessoires de l'œuf (1).

Coquille

C'est pourvu de son albumen et de sa membrane coquillière que l'œuf passe de la première chambre complémentaire dans le réceptacle villeux qui occupe la partie inférieure de l'oviducte, et qui enduit aussitôt ce corps d'un liquide blanchâtre destiné à fournir les matériaux constitutifs de la coquille. Celle-ci est formée par une couche plus ou moins épaisse de cellules vésiculaires dans l'intérieur desquelles du calcaire carbonaté ne tarde pas à se déposer et à prendre une apparence cristalline. Elle est toujours poreuse et perméable à l'air (2), mais son épaisseur varie beaucoup suivant les espèces (3). Il en est de même de sa densité et de l'aspect plus ou moins poli de sa surface (4).

Il arrive parfois que l'œuf ne s'achève pas de la sorte, et qu'il est expulsé du corps de la femelle avant de s'être revêtu

(1) Il existe, dans les collections du Muséum d'histoire naturelle, un œuf double de ce genre, qui manque de coquille et dont la tunique membraneuse a la forme d'un sac allongé et fortement étranglé au milieu. Des anomalies analogues ont été signalées par quelques auteurs (a), et l'on a vu même des œufs à trois jaunes (b).

(2) Voyez tome I, page 416.

(3) Ainsi, non-seulement les œufs des petits Passereaux, mais aussi ceux de quelques Oiseaux d'assez grande taille, ont une coquille extrêmement mince : par exemple, ceux des Faucons, des Outardes, des Frégates et des Tinamous. En général, les Oiseaux qui pondent sur la terre nue ont des œufs à coquille plus épaisse : par exemple, le Paon, la Pintade, les Perdrix, la plupart des autres Gallinacés et presque tous les Oiseaux nageurs.

(4) Comme exemple de ces différences, je citerai, d'une part, les œufs des Pies et des Bécasses, qui sont lisses et luisants comme du verre ; d'autre part, les œufs des Autruches, des Casoars et des Hoccos, qui sont piquetés et rudes. Chez beaucoup d'Oiseaux aquatiques, la coquille est grasse.

(a) Polisius, *De ovo gallinaceo monstroso* (*Miscell. curios.*, 1685, obs. 44).
— O. des Murs, *Traité d'oologie*, p. 101.
— Davaine, *Mém. sur les anomalies de l'œuf* (*Mém. de la Société de biologie* pour 1860, série 3e, t. II, p. 226, pl. 2, fig. 10-14).

(b) Valenciennes, *Note sur des œufs à plusieurs jaunes contenus dans une même coque* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1856, t. XLII, p. 5).

d'une coquille (1). Ce phénomène n'est pas rare chez la Poule (2), et paraît, en général, dépendre d'une fécondité trop grande, comparativement à la puissance digestive de l'Oiseau et à la quantité de matières calcaires que celui-ci peut introduire dans son organisme (3). Ainsi on l'observe principalement chez les individus malades, vieux ou nourris d'une manière trop excitante. Il se peut aussi que, par suite de l'arrivée presque simultanée de deux œufs dans la portion villeuse de l'oviducte, une coquille unique se constitue autour de ces deux corps, ou bien que le premier de ces œufs, après s'être revêtu de sa coquille, soit enveloppé avec le second dans la coquille de ce dernier. On trouve dans les annales de la science beaucoup d'observations sur des œufs inclus de la sorte (4), et quelquefois même des corps étrangers ont été embrassés d'une manière analogue par la substance constitutive de la coquille (5). Mais

(1) On appelle communément *œufs hardés*, les œufs qui sont dépourvus de coquille et recouverts seulement par une membrane coquillière plus ou moins épaisse.

(2) Des cas analogues ont été observés, mais rarement, chez d'autres Oiseaux : par exemple, chez le Moineau domestique (*a*) et le Serin (*b*).

(3) Les agronomes ont remarqué que dans les régions où le sol manque de calcaire, les Poules donnent des œufs dont la coquille est remarquablement mince : dans l'Ardenne belge, par exemple (*c*).

(4) C'est principalement chez la Poule que l'on a constaté l'existence d'œufs à double jaune, ou d'œufs à coquille inclus dans un autre œuf. Pour l'indication des auteurs qui ont signalé des faits de ce genre, je renverrai aux écrits d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, de M. des Murs et de M. Davaine (*d*).

(5) Ainsi on cite des exemples d'œufs dans la coquille desquels des fragments d'insectes qui avaient échappé à la digestion, et qui s'étaient engagés dans l'oviducte, ont été trouvés incrustés dans la coquille (*e*).

(*a*) Moquin-Tandon, *Mém. sur l'oologie* (*Bulletin de la Société linnéenne de Paris*, 1825, t. III, p. 67).

(*b*) O. des Murs, *Traité d'oologie*, p. 101.

(*c*) Joigneau, *le Livre de la ferme*, t. I, p. 950.

(*d*) Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation*, t. III, p. 318.
— O. des Murs, *Op. cit.*
— Davaine, *Op. cit.* (*Mém. de la Société de biologie* pour 1860, série 3[e], t. II, p. 226).
— Bort, *Œuf complet inclus dans un autre œuf complet* (*L'Institut*, 1862, t. XXX, p. 42).

(*e*) Moquin-Tandon, *Mém. sur l'oologie* (*Mém. de la Soc. linn. de Paris*, t. III, p. 69).
— Davaine, *loc. cit.*, p. 242.

des accidents de ce genre n'offrent que peu d'intérêt physiologique.

Forme et couleur des œufs

La forme, la coloration et le volume des œufs varient beaucoup dans la classe des Oiseaux (1). Toujours ce sont des solides de révolution dont la figure correspond à celle qui serait engendrée par une ligne courbe tournant autour d'un axe; ils ne sont jamais complétement sphériques, et leur grand diamètre correspond à l'axe de l'oviducte qui leur a livré passage. En général, ils sont plus petits à un bout qu'à l'autre, ainsi que cela se voit chez la Poule, et quelquefois cette différence est même beaucoup plus prononcée que chez ce Gallinacé (2); mais d'ordinaire ils se rapprochent davantage d'une forme ellipsoïdale régulière, comme chez le Pigeon. On remarque aussi des différences considérables entre la longueur du grand axe de ces corps comparé à leur petit diamètre; mais ces particularités sont loin d'être constantes chez les œufs des Oiseaux appartenant à une même famille naturelle, et sont sujettes à des variations assez grandes dans une même espèce (3) : aussi

(1) La conformation extérieure et le mode de coloration des œufs d'Oiseaux ont été l'objet de beaucoup d'observations, et ont donné lieu à la publication de plusieurs ouvrages spéciaux, dont je me bornerai à citer ici les principaux (*a*).

(2) Comme exemple des œufs presque piriformes, je citerai ceux d'un Oiseau dont l'espèce est presque perdue de nos jours : le grand Pingouin, ou *Alca impennis*. Les œufs de cet Oiseau sont tellement rares dans les collections, que la valeur vénale en est devenue excessivement élevée.

(3) M. des Murs, à qui l'on doit beaucoup de recherches sur l'oologie ornithologique, rapporte à six types principaux la forme des œufs, savoir :

1° La *forme sphérique*, qui n'est jamais parfaite, mais dont s'éloignent peu les œufs très ramassés et à extré-

(*a*) Zinanni, *Delle uova e dei nidi degli Ucelli*, 1737.
— Klein, *Ova Avium plurimarum delineata*, 1766.
— Schinz, *Beschreib. und Abbild. der künstlichen Nester und Eier der Vögel*, 1819.
— Moquin-Tandon, *Op. cit.* (*Mém. de la Soc. linn. de Paris*, 1825, t. III, p. 38).
— Hewitson, *Illustr. of the Eggs of British Birds*, 2 vol., 1832.
— Thienemann, *Systematische Darstellung der Fortpflanzung der Vögel Europa's mit Abbildung. der Eier*, 1838. — *Fortpflanzungsgeschichte der gesammten Vögel*, 1846-1856.
— Brewer, *North American Oology*, 1857.
— O. des Murs, *Traité général d'oologie ornithologique*, 1860.

ne devons-nous y attacher ici que peu d'importance. J'ajouterai seulement que le petit bout de l'œuf est toujours l'extrémité qui, dans l'oviducte, est dirigée vers le cloaque, et cette circonstance, jointe à celle de déformations accidentelles qui sont évidemment dues à une pression exercée par les parois de ce tube ou par les parties adjacentes de l'organisme, doit nous porter à croire que des causes mécaniques influent beaucoup sur la conformation de ces corps, lorsqu'ils ne sont encore revêtus que de leur tunique coquillière et n'ont pas encore de coquille. A raison de cette circonstance, des stries obliques qui se voient sur la tunique de l'albumen, de la torsion des chalazes et de la forme de l'œuf, qui, ainsi que je l'ai déjà dit, est toujours celle d'un solide de révolution, j'incline donc à croire que, pendant son séjour dans la portion moyenne de l'oviducte,

mités similaires. Exemple, les œufs de tous les Rapaces nocturnes, à l'exception des Effraies, et les œufs du Gorfou, ou *Spheniscula*.

2° La *forme ovalaire*, ou plutôt ellipsoïde régulière, médiocrement allongée et à extrémités très-obtuses. Exemple, les œufs de la plupart des Rapaces diurnes; ceux des Perroquets, des Oiseaux-mouches, des Pigeons, des Cygnes, des Canards, etc., etc.

3° La *forme cylindrique*, ou plutôt ellipsoïdale très-allongée. Exemple, les œufs des Mégapodiens.

4° La *forme ovée*, ou subovoïde, avec les deux bouts inégaux, comme dans l'œuf de la plupart des Gallinacés et des Passereaux.

5° La *forme ovoïconique*, ou très-rétrécie vers le petit bout. Exemple, les œufs des Bécasses, des Chevaliers, des Pluviers, des Huîtriers, des Pingouins, des Guillemots, etc.

6° La *forme elliptique*, irrégulière, c'est-à-dire ayant les deux extrémités un peu pointues. Exemple, les œufs de la plupart des Totipalmes, ceux des Grèbes et ceux des Plongeons (*a*).

Du reste, il y a souvent des différences de forme assez notables dans les œufs des espèces d'un même genre, et l'on rencontre aussi des variations considérables chez des individus de même espèce, ainsi que cela se voit dans les belles planches de l'ouvrage de Thienemann (*b*). Quelques auteurs ont cru pouvoir attribuer ces différences de forme à la position de l'Oiseau ou à la direction de son oviducte (*c*); mais nous manquons de données suffisantes pour examiner la valeur de cette hypothèse.

(*a*) O. des Murs, *Traité général d'oologie ornithologique*, p. 63.
(*b*) Thienemann, *Fortpflanzungsgesch. der Vögel*.
(*c*) Hardy, *Oologie ornithologique* (*Revue et Mag. de zoologie*, 1861, p. 49).

l'œuf tout entier est animé d'un mouvement de rotation, tandis que le vitellus, maintenu dans une position fixe par les différences de pesanteur spécifique de ses deux moitiés, reste à peu près immobile (1); cela expliquerait la disposition des chalazes, si les deux extrémités de ces prolongements polaires adhéraient à la portion périphérique de la couche albumineuse plus que dans le reste de leur étendue.

Le volume de l'œuf est généralement en rapport avec la grandeur de l'Oiseau qui le produit, mais il n'en est pas toujours ainsi. Plusieurs espèces, telles que l'Aptéryx et les Mégapodes, dont la taille est médiocre, produisent des œufs très-gros (2), et c'est à tort que quelques naturalistes ont pensé que l'existence d'un œuf énorme, comme l'est celui de l'*Æpyornis*, impliquait l'existence d'un Oiseau gigantesque (3). En général, il y a une certaine relation entre le volume relatif de l'œuf et l'état de développement plus ou moins avancé auquel l'embryon arrive avant l'éclosion (4). Il est aussi

(1) Voyez ci-dessus, page 521.

(2) Ainsi l'œuf du Coucou n'est pas plus gros que celui de l'Alouette, et l'œuf du Pluvier est aussi gros que celui de la Poule.

(3) Ces œufs gigantesques, trouvés à Madagascar, ont de 0m,32 à 0m,34, sur 0m,23 environ, et leur volume correspond à celui de 6 œufs d'Autruche et de 148 œufs de Poule. A raison de ces circonstances, on a supposé que l'Oiseau auquel ils appartiennent devait avoir entre 3 et 4 mètres de haut (*a*).

(4) Il existe chez les Oiseaux de grandes différences dans le degré de perfectionnement de l'organisme au moment de l'éclosion, et, ainsi que nous le verrons dans la suite de ce cours, les uns naissent dans un état de faiblesse extrême, tandis que d'autres peuvent presque tout de suite pourvoir à leurs besoins. Buhle a conclu de ses nombreuses observations sur l'ovologie, que ces différences étaient liées à la grosseur relative de l'œuf et du corps de l'Animal qui le produit, et que les œufs les plus petits, comparativement, sont ceux dont sortent les jeunes Oiseaux les moins avancés dans leur développement; tandis que les œufs les plus gros, proportionnellement à la taille de la mère, appartiennent aux espèces qui naissent dans l'état plus

(*a*) Isid. Geoffroy Saint-Hilaire, *Notice sur des ossements et des œufs trouvés à Madagascar dans des alluvions modernes et provenant d'un Oiseau gigantesque* (*Ann. des sciences nat.*, 4e série, 1850, t. XIV, p. 206).

à noter qu'il peut y avoir à cet égard de grandes variations chez un même Oiseau, suivant les conditions physiologiques dans lesquelles il se trouve. Ainsi, parfois la Poule pond des œufs nains, et ceux que l'on appelle vulgairement des *œufs de Coq* ne sont autre chose que des produits de ce genre (1). L'âge de la mère exerce une certaine influence sur la grosseur des œufs, et chez nos Oiseaux domestiques les particularités héréditaires propres aux diverses races coïncident souvent avec des différences très-grandes dans le volume de ces corps (2).

La coloration de la coquille varie beaucoup dans cette classe d'Animaux : tantôt elle est uniforme, comme dans l'œuf des Poules cochinchinoises, qui sont jaunâtres, et dans ceux des Casoars, qui sont d'un vert intense (3); souvent l'albinisme est complet (4); mais d'autres fois on observe des taches

parfait (*a*). Mais la règle est loin d'être aussi absolue, et il y a, sous ce rapport, de grandes variations parmi les Oiseaux précoces, ainsi que parmi ceux dont le développement est tardif.

(1) Ainsi que je l'ai déjà dit, il me paraîtrait superflu de m'arrêter ici pour prouver que les petits œufs, appelés *œufs de Coq* dans le langage commun, ne proviennent pas d'un mâle et sont le produit de la Poule. Souvent ces petits œufs manquent de jaune ou n'ont qu'un vitellus rudimentaire; ils sont, en général, pondus par des Poules affaiblies, soit par l'âge, soit par la maladie. La Poule n'est pas le seul Oiseau chez lequel on ait observé ce genre d'anomalie (*b*).

(2) Les œufs des Poules de dix-huit mois ou deux ans sont généralement plus petits que ceux des individus de trois ou quatre ans, et il existe des différences énormes dans la grandeur des œufs fournis par différentes races d'une même espèce. Il me paraît presque superflu d'ajouter que les œufs fournis par les poules de petite race, telles que les Poules naines, sont généralement très-petits. Ceux de nos Poules ordinaires pèsent environ 60 grammes.

(3) Les œufs du Faisan doré sont couleur de chair; ceux du Roitelet, du Grèbe, du Butor, etc., sont couleur d'ocre; ceux de l'Étourneau sont d'un vert glauque, ceux du grand Tinamou sont d'un bleu intense, et ceux du Tinamou varié sont lilas.

(4) Par exemple, chez les Poules de race ordinaire, les Pigeons, la Chouette, etc. D'autres fois ce fond blanc est azuré ou légèrement teinté

(*a*) Neumann et Buhle, *Die Eier der Vögel Deutschlands*, 1819.
(*b*) Voyez O. des Murs, *Op. cit.*, p. 93.

dont la teinte est assez constante (1) suivant les espèces. Quelques physiologistes ont cru pouvoir expliquer ces maculations par des extravasations de sang provenant des parois de l'oviducte, mais elles dépendent d'un développement particulier de pigment dans le tissu de la coquille. Il est d'ailleurs à noter qu'en général la matière colorante n'occupe que la couche externe de celle-ci, et qu'elle n'est pas détruite par l'action des acides faibles qui extraient la matière calcaire (2). Quelques ornithologistes ont cru remarquer une certaine liaison entre la couleur des œufs et la disposition du nid destiné à les recevoir, ou les habitudes plus ou moins sédentaires des couveuses; de sorte que ceux qui, à raison des circonstances de cet ordre, sont le plus exposés à la vue de leurs ennemis, seraient, par leurs teintes, les plus semblables aux objets circonvoisins (3) : mais cette règle souffre beaucoup d'exceptions.

Époque de la reproduction

§ 20. — Pendant la jeunesse, chez les Oiseaux de même que chez les autres Animaux, l'ovaire ne contient que des ovules

de rose, de gris ou de vert, ainsi que cela se voit chez les Cigognes, les Spatules, les Cormorans, les Blongios, etc.

(1) Quelquefois les taches forment une zone assez régulière ou une sorte de guirlande : par exemple, chez le Bec-croisé des Pins, le Bec-fin Orphée, la Pie-grièche à poitrine rose, etc. Les œufs des Oiseaux de proie sont en général marbrés ; chez la plupart des Pinsons, ils sont d'un bleu verdâtre, clair-semé de petites bandes d'une couleur de café. Chez d'autres Oiseaux, tels que les Mouettes et les Pingouins, la disposition et la teinte des taches varient beaucoup d'un œuf à un autre.

(2) La coque, dépouillée de la sorte de ses sels calcaires, reste colorée, et quelquefois se sépare ensuite en plusieurs lames minces, dont les plus profondes sont blanches ou légèrement azurées. La couche superficielle paraît être formée par un tissu épithélique ou utriculaire (*a*). L'œuf de la Crécerelle et celui de la Perdrix se prêtent très-bien à cette expérience (*b*).

(3) Gloger, ornithologiste habile, qui s'est particulièrement occupé de l'étude des œufs et des nids des Oiseaux, a tiré cette conclusion de l'ensemble de ses recherches (*c*).

(*a*) Dickie, *On the structure of the Shell of Birds and the nature and seat of the Colour* (*Ann. of nat. Hist.*, 2e série, 1846, t. II, p. 169).

(*b*) Cornay, *Mém. sur les causes de la coloration des œufs des Oiseaux, etc.*, 1860.

(*c*) Gloger, *Ueber die Farben der Eier der Vögel* (*Verhandl. der Gesellsch. naturforschender Freunde zu Berlin*, 1829, t. I, p. 332).

rudimentaires, et les testicules ne renferment pas de Spermatozoïdes. Jusqu'à ce que l'Animal soit arrivé presque au terme de sa croissance, ses organes reproducteurs ne se développent que peu et restent dans un état d'inactivité presque complète. L'époque à laquelle ils deviennent aptes à exercer leurs fonctions varie suivant les espèces, mais toujours ce n'est que graduellement qu'ils acquièrent toute leur puissance, et à une période avancée de la vie ils ralentissent leur action ; enfin, dans la vieillesse, ils cessent de fournir des produits, et alors on voit souvent la femelle prendre en partie le plumage du mâle. Je ne puis rien dire de général touchant l'âge de la puberté chez ces Animaux, et pour fixer les idées à ce sujet, je dois me borner à donner quelques exemples. Ainsi, la Poule commence à pondre avant la fin de la première année, vers l'âge de six ou huit mois, mais ne devient très-féconde que dans sa seconde ou troisième année ; puis sa faculté reproductrice décline, et ne se prolonge que rarement au delà de la sixième année, bien que l'on cite des cas dans lesquels la production d'œufs ait continué jusqu'à l'âge de douze ou même quinze ans (1). C'est aussi vers l'âge de six mois que le jeune Coq commence à rechercher les femelles, et à l'âge d'un an ou quinze mois, il acquiert toute sa puissance comme reproducteur ; il peut alors suffire à douze ou quinze Poules, ou même davantage, mais il s'affaiblit rapidement. Pour le Cygne, la puberté n'arrive que beaucoup plus tard (2).

(1) La précocité des Poules varie suivant les races et l'époque de la naissance de ces Animaux. Ainsi les Poulettes d'automne sont plus hâtives que celles qui naissent au printemps, et les races de grande taille, telles que les Poules dites cochinchinoises, le sont moins que celles de petite taille. Les particularités inhérentes aux races paraissent influer aussi sur la durée de la faculté reproductrice (a).

(2) Le Cygne noir d'Australie ne se

(a) Rufz de Lavison, *Sur la fécondation des œufs des Gallinacés* (*Bulletin de la Société zoologique d'acclimatation*, 1862, t. IX, p. 375).

C'est en général au printemps ou au commencement de l'été que la ponte a lieu (1), et, quelque temps avant cette époque, les mâles et les femelles, qui jusqu'alors ne se recherchaient pas, se réunissent, soit par paires, soit en troupes composées d'un mâle et de plusieurs femelles. Je renverrai à une autre partie de ce cours tout ce que j'ai à dire de l'instinct admirable qui guide ces Animaux dans la construction du nid destiné à recevoir leur progéniture, ainsi que des soins que beaucoup d'entre eux prodiguent à leurs petits, et ici je me bornerai à parler de ce qui est relatif à la fécondation des œufs.

L'époque des amours varie suivant les espèces, mais est réglée aussi en grande partie par la température de l'atmosphère. Ainsi on a remarqué que quelques-uns des Oiseaux de nos pays, transportés aux antipodes, où la saison chaude coïncide avec nos mois d'hiver, ont changé leurs habitudes d'une manière correspondante, et que chez eux le réveil des facultés reproductrices avait lieu au moment où, avant cette transportation, tout phénomène de cet ordre était interrompu (2).

La durée de l'accouplement est toujours très-court. Le mâle, comme je l'ai déjà dit, saisit la femelle par le cou, et, montant sur son dos, applique son anus contre le sien. Tantôt la femelle s'accroupit pendant qu'elle reçoit ainsi le mâle, comme cela se Accouplem

reproduit aussi qu'à l'âge de trois ans, bien que sa croissance soit à peu près terminée au bout d'un an (a).

(1) La ponte a lieu plus tôt chez quelques Oiseaux : ainsi elle commence en février pour le Cygne.

(2) Cette observation intéressante relative au renversement des périodes de l'année où se manifestent les phénomènes d'activité génésique chez les Oiseaux de même espèce vivant en Europe, ou transportés en Australie, a été faite sur des Alouettes, des Grives et plusieurs autres Passereaux qui avaient été portés d'Angleterre à Melbourne, et qui se sont mis à construire leur nid et à pondre, non en mai, mais en octobre (b).

(a) Leprestre, *Observ. sur le Cygne noir* (*Bulletin de la Société d'acclimatation*, 1854, t. I, p. 410).

(b) Müller, *On the Introduction of English singing Birds into Australia* (*the Ibis, a Magazine of general Ornithology*, 1861, t. III, p. 116).

voit chez la Poule et l'Outarde; d'autres fois elle reste debout sur ses jambes, et le rapprochement sexuel n'est alors qu'instantané : par exemple, chez le Moineau et la Grue (1). Souvent un seul accouplement suffit pour assurer la fécondation de toute la série d'œufs dont se composera la ponte (2). La liqueur séminale du mâle pénètre directement dans l'oviducte, et les Spermatozoïdes arrivent très-promptement à l'extrémité supérieure de ce tube, où la fécondation paraît s'opérer au moment même de la chute de l'œuf (3).

Chez quelques Oiseaux, la ponte se renouvelle deux ou trois fois dans le courant de l'été (4); mais, en général, elle n'a lieu

(1) Ces deux modes d'accouplement n'avaient pas échappé à l'attention d'Aristote (*a*).

(2) Les anciens naturalistes pensaient que l'influence fécondante du mâle pouvait s'étendre, chez la Poule, pendant toute une année, et Harvey assure avoir constaté que, par le fait d'un seul accouplement, le Coq peut féconder une vingtaine d'œufs qui ne descendront que successivement dans l'oviducte pour être pondus dans le cours d'environ un mois. Mais il résulte des expériences de M. Coste, qu'en général, l'action de la semence du mâle ne s'exerce que sur les six ou sept œufs qui sont arrivés presque à maturité au moment du rapprochement sexuel (*b*) ; aussi d'ordinaire voit-on le Coq s'accoupler très-souvent, soit avec des Poules différentes, soit avec une femelle déjà fécondée. On assure avoir vu des Coqs côcher une cinquantaine de fois en un seul jour. Chez le Moineau et quelques autres petits Passereaux, le rapprochement sexuel se renouvelle parfois quinze à vingt fois par heure (*c*).

(3) M. Coste a fait à ce sujet une série intéressante d'expériences, d'après lesquelles on voit que, chez la Poule, l'embouchure de l'oviducte se dilat eau moment du coït, pour recevoir le sperme, et qu'il suffit d'environ quatorze heures pour que les Spermatozoïdes introduits de la sorte arrivent au pavillon (*d*).

(4) Quelques Oiseaux font plusieurs pontes par an. Ainsi nos Pigeons domestiques, rendus à la liberté, en font trois ou quatre, et lorsqu'ils sont en volière, ils en font jusqu'à huit ou dix. Mais, en général, les Oiseaux à l'état sauvage ne font une seconde couvée que lorsque la première a été détruite par quelque accident.

(*a*) *Hist. des Animaux*, livre V, trad. de Camus, t. I, p. 241.

(*b*) Coste, *Expériences sur le nombre des pontes fécondées chez les femelles d'Oiseaux que l'on sépare du mâle après l'accouplement* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1850, t. XXX, p. 768).

(*c*) Coste, *Histoire du développement des corps organisés*, t. II, p. 61.

(*d*) Burdach, *Traité de physiologie*, t. II, p. 168.

qu'une fois par an et se compose d'un certain nombre d'œufs qui sont évacués successivement à un ou deux jours d'intervalle ou même davantage. Ce nombre varie suivant les espèces, et d'ordinaire il est plus considérable chez les Oiseaux de petite taille que chez ceux d'une taille élevée. Ainsi la Mésange et le Roitelet pondent de quinze à vingt œufs, tandis que la plupart des Passereaux n'en ont que six ou sept, et que l'Aigle et les autres grands Oiseaux de proie n'en ont que trois ou quatre, quelquefois même deux seulement (1). Mais ces rapports entre la taille des Oiseaux et leur fécondité sont loin d'être constants, et beaucoup d'espèces de grandeur médiocre, les Pigeons, par exemple, et certaines espèces remarquablement petites, telles que les Oiseaux-mouches (2), ne pondent que deux ou trois œufs; tandis que d'autres Oiseaux de plus grande taille, tels que les Paons et les Dindons, en pondent davantage (3), et l'Autruche en donne un nombre non moins considérable (4). Tous les Gallinacés sont d'une fécondité remarquable, et en général

(1) Azara pense que le Nandou, ou Autruche d'Amérique, ne pond qu'un seul œuf (*a*); mais cela me paraît peu probable, car les trous creusés en terre, qui servent de nid à ces Oiseaux, contiennent ordinairement vingt-cinq à trente œufs, quelquefois même plus de soixante (*b*), et il serait difficile de supposer qu'un aussi grand nombre de femelles aient pu se réunir pour faire usage du même nid.

(2) Ce fait, si fortement en désaccord avec l'opinion généralement reçue touchant la fécondité croissante avec la petitesse de la taille des Oiseaux, a été souvent constaté par les naturalistes qui ont exploré l'intérieur du Brésil ou d'autres régions chaudes de l'Amérique (*c*).

(3) Le Dindon sauvage pond une quinzaine d'œufs (*d*) ; le Cygne n'en pond ordinairement que de cinq à huit.

(4) La même femelle pond jusqu'à quinze ou même vingt œufs, mais, en général, n'en donne que dix ou douze (*e*).

(*a*) Voyez Valenciennes, art. OISEAU du *Dictionnaire des sciences naturelles*, t. XXXV, p. 514.

(*b*) Vavasseur, *Note sur le Nandou* (*Bulletin de la Société zoologique d'acclimatation*, 1858, t. V, p. 391).

(*c*) Audubon, *Ornithological Biography*, t. I, p. 5.

(*d*) Gosse, *Sur l'Autruche* (*Bulletin de la Société zoologique d'acclimatation*, 1857, t. IV, p. 337).

(*e*) Veillot, *La galerie des Oiseaux*, t. II, p. 45.

pondent au moins une douzaine d'œufs (1). Du reste, les circonstances extérieures influent beaucoup sur la durée de la ponte et sur le nombre des œufs produits (2). Dès que la femelle commence à couver, elle cesse de pondre; mais si elle vient à perdre ses œufs peu de temps après, ou s'ils lui sont enlevés avant qu'elle ait réuni le nombre voulu, on la voit souvent en pondre d'autres (3). La nature stimulante de la nourriture tend également à augmenter la fécondité de ces Animaux (4), et c'est ainsi que chez quelques-uns des Oiseaux élevés en domesticité, on est parvenu à rendre la ponte continue pendant un laps de temps très-considérable. Une Poule, par exemple, qui est convenablement nourrie et qui ne couve pas, peut donner un œuf tous les jours ou tous les deux jours, pendant plusieurs mois de suite, et les agriculteurs citent des races chez lesquelles la fécondité est si grande, que chaque femelle donne jusqu'à cent cinquante œufs par an, ou même davantage (5).

(1) Ainsi les Cailles pondent ordinairement douze ou quinze œufs, et parfois elles ont deux couvées dans l'année. Vieillot dit que les Colins houis pondent vingt-trois ou vingt-quatre œufs (*a*); mais, d'après les observations d'Audubon, il paraît que normalement ce nombre ne dépasse pas douze (*b*). La ponte de nos Perdrix se compose ordinairement de dix-neuf à vingt œufs, mais elle est quelquefois plus considérable (*c*). Le Coq de bruyère, quoique de grande taille, donne une quinzaine d'œufs.

(2) Pour plus de détails sur le nombre des œufs pondus par divers Oiseaux, je renverrai à un mémoire spécial sur ce sujet, par Marcel de Serres (*d*).

(3) Les Paons, lorsqu'ils ne couvent pas, donnent souvent trois pontes par an : la première, composée ordinairement de cinq œufs, la seconde de quatre, et la dernière de trois; mais chez les individus qui couvent, la reproduction s'arrête pendant tout le temps que durent l'incubation et l'éducation des petits, en sorte qu'il n'y a généralement qu'une seule ponte par an.

(4) Mais une nourriture trop abondante, qui leur fait prendre de la graisse, tend au contraire à diminuer leur fécondité.

(5) Les Poules de la race appelée

(*a*) Audubon, *Ornithological Biography*, t. I, p. 390.
(*b*) Prince de Wied-Neuwied, *Voyage au Brésil*, t. I, p. 89.
— Audubon, *Ornithological Biography*, t. I, p. 251.
(*c*) Buffon, *Histoire naturelle*. OISEAUX, t. III, p. 12, in-8.
(*d*) Marcel de Serres, *Tableau du nombre d'œufs que pondent les différentes espèces d'Oiseaux* (*Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1840, t. XIII, p. 164).

Incubation

L'œuf fécondé peut rester pendant un temps plus ou moins long dans un état d'inactivité complète, sans perdre sa faculté productrice (1), et le germe contenu dans son intérieur ne peut se développer que sous l'influence d'une température déterminée. Quelquefois la chaleur du soleil suffit pour provoquer ce mouvement organisateur : ainsi, dans les parties intertropicales de l'Afrique, l'Autruche se borne quelquefois à déposer ses œufs dans le sable, et l'incubation s'en effectue sous l'action des rayons solaires. Mais dans l'immense majorité des cas, pour ces Oiseaux comme pour tous les autres, les choses ne se passent pas ainsi, et l'un des parents, ou tous les deux alternativement s'accroupissent sur les œufs de façon à les maintenir à une température voisine de celle de leur propre corps, c'est-à-dire d'environ 40 degrés (2). En général, c'est la femelle seulement qui couve; mais chez certaines espèces, le mâle

Campine sont renommées pour leur fécondité, et quelques auteurs assurent qu'on en a vu pondre plus de deux cents œufs dans l'espace d'une année. Quelquefois ces Oiseaux en pondent deux par jour ; mais, en général, la ponte ne se renouvelle que de deux jours l'un. Sous l'influence d'une température suffisamment chaude et d'un régime stimulant (par exemple, des rations de chènevis, de millet, d'avoine, etc.), la ponte se continue parfois durant l'hiver, mais en général nos Poules de basse-cour cessent de donner des œufs à l'arrière-saison. On a remarqué aussi que la présence d'un ou de plusieurs œufs dans le nid préparé par ces Animaux les excite à pondre, et l'on peut obtenir le même résultat au moyen d'œufs postiches.

La Pintade, qui est bien nourrie et dont les œufs lui sont soustraits à mesure qu'elle les pond, est aussi très-féconde ; elle peut donner une centaine d'œufs par an.

Le Canard n'en fournit pas autant ; il commence à pondre en mars, et, si les circonstances sont favorables, il peut continuer jusque vers la fin de mai, en donnant environ cinq œufs par semaine. Il en est de même pour l'Oie : en général, elle cesse de pondre et se met à couver lorsqu'elle a de sept à quinze œufs ; mais si on les lui soustrait à mesure qu'elle les dépose, elle peut continuer à en produire jusqu'à quarante et même davantage.

(1) Les œufs de Poule peuvent conserver pendant une huitaine de jours après la ponte la faculté de produire des embryons viables.

(2) Il résulte des expériences récentes de M. Dareste, que le dévelop-

remplit le même rôle, ainsi que cela se voit chez le Pigeon, la Cigogne, etc. (1).

On peut déterminer aussi le développement de l'embryon dans l'intérieur de l'œuf au moyen de l'incubation artificielle; pour cela il suffit de le maintenir à une température d'environ 40 degrés, sans empêcher l'accès de l'air. Ce procédé était connu des anciens. En Égypte, il constitue la base d'une industrie particulière, et a été pratiqué en France sur une grande échelle, mais sans donner des profits considérables (2).

Alimentation des jeunes.

En général, les soins que la mère donne à ses petits après l'éclosion consistent à les protéger contre le froid, à leur apporter des aliments et à les défendre contre leurs ennemis, ce qui ne nécessite l'existence d'aucune particularité organique. Mais, ainsi que je l'ai déjà dit (3), quelques Oiseaux nourrissent leurs jeunes avec les produits d'une sécrétion qui a son siége dans le jabot: les Pigeons sont dans ce cas (4); et il est à noter que, par sa composition chimique ainsi que par son rôle physiologique, le liquide alimentaire fourni de la sorte ressemble assez à du lait. Effectivement, M. Lecomte y a trouvé

pement de l'embryon peut commencer sous l'influence d'une température qui n'est pas aussi élevée (environ 30°), mais ne se fait alors que très-lentement et d'une manière irrégulière pendant quelques jours, puis s'arrête toujours très-promptement.

(1) Azara a avancé que chez le Nandou, ou Autruche d'Amérique, le mâle seulement couve les œufs de ses femelles, mais cela n'est pas (a).

L'Autruche mâle d'Afrique couve les œufs la nuit, et les femelles qui vivent avec lui se succèdent pour les couver pendant le jour (b).

(2) Pour plus de détails au sujet de l'incubation artificielle des œufs, je renverrai à un mémoire de Réaumur et à diverses publications plus récentes (c).

(3) Voyez tome VI, page 294.

(4) Quelques naturalistes ont pensé que l'espèce de bouillie donnée ainsi aux petits par les Pigeons ne consistait que dans une portion des aliments préalablement ingérés dans l'estomac de ceux-ci et à moitié digérés (d);

(a) Vavasseur, *Op. cit.* (*Bulletin de la Société zoologique d'acclimatation*, 1858, t. V, p. 391).

(b) Gosse, *Op. cit.* (*Bulletin de la Société zoologique d'acclimatation*, 1857, t. IV, p. 336).

(c) Réaumur, *L'art de faire éclore et d'élever en toutes saisons des Oiseaux domestiques*, 1751.
— Mariot-Didieux, *Traité de gallinicullure*.

(d) Temminck, *Histoire des Pigeons*, t. I, p. 160.
— Vieillot, *Dictionnaire d'histoire naturelle*, t. XXVI, p. 329.

beaucoup de caséine et de matières grasses analogues au beurre (1). Hunter, à qui nous devons la constatation de ce fait physiologique, pense que les Perroquets présentent un phénomène analogue ; et, d'après les observations que j'ai eu l'occasion de faire dernièrement dans la ménagerie du Muséum d'histoire naturelle, je suis porté à croire que l'Ibis sacré d'Égypte nourrit ses petits de la même manière (2) : mais, pour décider la question, il faudrait examiner l'état du jabot à l'époque où ces Oiseaux élèvent leurs jeunes, ce que je n'ai pu faire.

mais on sait, par les observations de Hunter, qu'il n'en est pas ainsi (*a*), et dans ces derniers temps l'origine de ce produit a été constatée de nouveau par M. Cl. Bernard (*b*).

Cette sécrétion commence trois ou quatre jours avant l'éclosion et dure un peu plus d'une semaine. Les parois du jabot sont alors hypertrophiées et présentent de nombreux plis ondulés et très-vasculaires, dont la surface se couvre d'une couche épaisse de cellules épithéliales qui se détachent sans se dissoudre, et constituent ainsi une matière pulpeuse ayant l'aspect du lait caillé. Les mâles, aussi bien que les femelles, sécrètent cette substance et la dégorgent dans le bec de leurs petits.

(1) L'analyse faite par ce chimiste, et publiée par M. Cl. Bernard (*loc. cit.*), a fourni les résultats suivants. 100 parties de la bouillie en question ont donné :

Caséine et sels	25,25
Graisse	10,47
Eau	66,30

On n'y a découvert aucune trace de sucre (*d*).

(2) L'Ibis d'Égypte (*Ibis religiosa*, Cuv.) a reproduit cet été (1864), dans la ménagerie du Muséum, et j'ai remarqué que le mâle nourrissait les petits en dégorgeant dans leur bec une matière pulpeuse. La mère ne prenait aucune part à l'éducation de sa progéniture.

(*a*) Hunter, *Animal Œconomy*, p. 233 (*Œuvres*, trad. par Richelot, t. IV, p. 104).

(*b*) Claude Bernard, *Leçons sur les propriétés physiologiques des liquides de l'organisme*, 1859, t. II, p. 236.

FIN DU TOME HUITIÈME.

ERRATA ET ADDENDA.

Page 247, ligne 2, *au lieu de* Bonet, *lisez* Bonnet.

Page 267, ligne 12, *au lieu de* germe contenu de son appareil, *lisez* germe contenu dans son appareil.

Page 268, note 3, *ajoutez* :

Les observations récentes de M. Coste fournissent de nouveaux arguments en faveur de la thèse que je soutiens ici. En effet, ce physiologiste, ayant étudié avec beaucoup de soin la manière dont les Infusoires ciliés se développent dans une macération de foin, a découvert plusieurs des causes d'erreurs dont les partisans de l'hypothèse de l'origine de ces petits êtres par génération spontanée n'avaient pas soupçonné l'existence, et il a trouvé, en dernière analyse, que jamais ces Animalcules ne se montrent dans une infusion, s'ils n'y ont été introduits, soit à l'état d'œufs, soit à l'état de kystes multiplicateurs ; que ces kystes, affectant la forme d'une poussière fine, se trouvent en abondance à la surface du foin, des pommes de terre et des autres substances végétales dont on se sert le plus ordinairement pour obtenir les prétendues générations spontanées ; qu'à cet état ils peuvent rester pendant plusieurs années dans une sorte de torpeur, sans donner aucun signe de vie, mais sans perdre la faculté de reprendre la vie active dès que la quantité d'eau nécessaire à la manifestation de leur puissance physiologique leur est rendue ; que leur ténuité est telle, que souvent ils passent facilement à travers nos filtres ; et, enfin, qu'il suffit d'en semer quelques-uns dans une infusion restée jusqu'alors stérile, pour qu'en peu d'heures ils s'y multiplient d'une manière prodigieuse.

M. Coste s'est attaché à montrer aussi que le magma de détritus de matières organiques que M. Pouchet avait comparé au *stroma* de l'ovaire, et appelé *membrane proligène*, parce qu'il le considérait comme la substance en voie d'organisation pour prendre vie et constituer spontanément des Animalcules infusoires, n'a aucun rapport avec l'apparition de ces petits êtres. (*Ann. des sc. nat.*, 5ᵉ série, 1864, t. II, p. 246.)

Il est aussi à noter que si le kyste dans lequel se trouvent inclus les corpuscules reproducteurs des Infusoires était de nature à ne laisser que difficilement passer l'eau, on comprendrait que, même au sein de ce liquide, ces germes pourraient supporter l'action de températures très-élevées sans perdre la vie. (Milne Edwards, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1864, t. LIX, p. 155.)

TABLE SOMMAIRE DES MATIÈRES

DU TOME HUITIÈME.

SOIXANTE-SEPTIÈME LEÇON.

SOIXANTE-HUITIÈME LEÇON.

SOIXANTE-NEUVIÈME LEÇON.

SOIXANTE-DIXIÈME LEÇON.

SOIXANTE ET ONZIÈME LEÇON.

ÉTUDE DES FONCTIONS DE REPRODUCTION.

SOIXANTE-DOUZIÈME LEÇON.

SOIXANTE-TREIZIÈME LEÇON.

SOIXANTE-QUATORZIÈME LEÇON

SOIXANTE-QUINZIÈME LEÇON.

